

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ)

Институт Наук о Земле

Кафедра геоморфологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:

«Геоморфологические и геологические факторы
обоснования трассы трубопровода «Северный поток-2»
(Кургальский участок)»

Магистерская диссертация

Выполнила: магистрант 2 курса
кафедры геоморфологии
Базилевич Юлия Евгеньевна

Научный руководитель:
проф., д.п.н., к.г.н. *А.И.Жиров*

Рецензент:
доц., к.г.-м.н. *А.Н.Трифонов*
(ЛГУ им. А.С.Пушкина)

«Утверждаю»
Зав. каф. Геоморфологии
проф., д.г.-м.н. *В.Ю.Кузнецов*

Санкт–Петербург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	8
1.1. История развития инженерной геоморфологии	8
1.2. Цели, задачи и содержание инженерной геоморфологии	10
1.3. Нормативные документы как основа инженерно-геоморфологических изысканий	15
1.4. Особенности магистральных трубопроводов как объекта инженерных изысканий при строительстве	21
Глава 2. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (Кургальский полуостров)	33
2.1. Геологические условия исследуемого участка	34
2.1.1. Общее геологическое строение участка	34
2.1.2. Тектонические условия	36
2.1.3. Сейсмичность	45
2.1.4. Гидрогеологические условия	48
2.1.5. Экологическая обстановка района изысканий	52
2.2. Геоморфологические условия исследуемого участка	54
2.2.1. Рельеф поверхности дочетвертичных отложений и земной поверхности.	54
2.2.2. Общая геоморфологическая характеристика	56
2.2.3. Абсолютные отметки и относительные высоты	67
2.2.4. Речная сеть	71
2.2.5. Преобладающие крутизна и длина склонов. Профилирование участка . .	73
Глава 3. ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (Кургальский участок)	76
3.1. Специфические грунты	76
3.2. Выявление и картирование опасных экзогенных процессов	77
3.3. Оценка инженерно-геологических условий	86

3.4. Инженерно-геологическое районирование и опасные геологические процессы Сойкинского участка	88
Глава 4. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДА.	90
4.1. Теоретическая оценка предполагаемого риска при строительстве проекта	90
4.2 Практическая оценка предполагаемого риска при строительстве проекта. .	91
4.2.1. Эрозии, оползни и склоны.	92
4.2.2. Наводнения, паводки.	95
4.2.3. Подтопления, заболачивания.	96
4.3. Методы исследования.	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	105
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	107
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования определяется объективной необходимостью выбора прибрежного участка выхода трубопровода Nord Stream-2 в акваторию Финского залива с позиций сложности инженерно-геологических условий и степени развития опасных экзогенных процессов.

Объектом исследования являлись: литогенная основа ландшафта на участке проведения инженерно-геологических изысканий в районе проектирования трубопровода Nord Stream-2 на Кургальском полуострове Кингисеппского района Ленинградской области.

Предметом исследования являлись: опасные геологические процессы и инженерно-геологические условия в зоне проектирования трубопровода Nord Stream-2.

Основной *целью исследования* являлись выявление зон развития опасных геологических процессов и оценка инженерно-геологических условий на кургальском участке проектирования трубопровода Nord stream-2.

Решаемые задачи:

1. Характеристика геологических условий района строительства.
2. Характеристика геоморфологических условий района строительства.
3. Выявление и картирование опасных экзогенных процессов района строительства.
4. Оценка интенсивности опасных экзогенных процессов и инженерно-геологические условия в зоне проектирования трубопровода Nord Stream-2.

Использованные материалы. В процессе работы использовались полевые материалы, полученные лично автором, а также в рамках научно-исследовательской работы сотрудников кафедры геоморфологии СПбГУ (руководитель – проф. Жиров А.И.) «Характеристика развития активных геологических экзогенных процессов на альтернативных участках строительства береговой инфраструктуры газопровода «Nord Stream»», проводимой в 2016-2017 годах. Также использовались космоснимки и

топокарты разных лет, литературные источники и фондовые материалы. Использовалась стандартная методика исследований, рекомендуемая нормативными документами по инженерным изысканиям для строительства. Никаких предварительных инженерно-геологических работ до наших исследований на участке не проводилось и их материалы в работе не использовались.

Участок изысканий находится на западе Ленинградской области, на побережье Финского залива, на юго-западе Кургальского полуострова. Участок территории на Кургальском п-ове имеет площадь 1090 га. Схема расположения участка представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема расположения исследуемого участка

Магистральный газопровод «Северный поток-2» проходит по дну Балтийского моря между Россией и Германией. Входит в 3-4 ветки системы «Ямал-Европа».

«Северный поток-2» Газпром позиционирует как новое слово в экспорте газа. Проект создан и реализуется на данный момент компанией Nord Stream 2 AG при частичном финансировании со стороны европейских компаний Royal Dutch Shell, ENGIE, OMV и Uniper.

Поток, начавшись на территории Балтийского побережья, пройдет по дну Балтийского моря в Германию, в Грайфсвальд. Его протяженность составит 1224 км, а мощность потока будет достигать 55 000 000 000 куб. м газа в год, по заявлениям проектной компании.

В декабре 2000 года по решению Европейской комиссии проект «Северный поток» получил статус Трансевропейские сети (TEN), окончательно подтвержденный в 2006 году.

Решение о создании нового трубопровода было принято по результатам работы уже действующего «Северного потока».

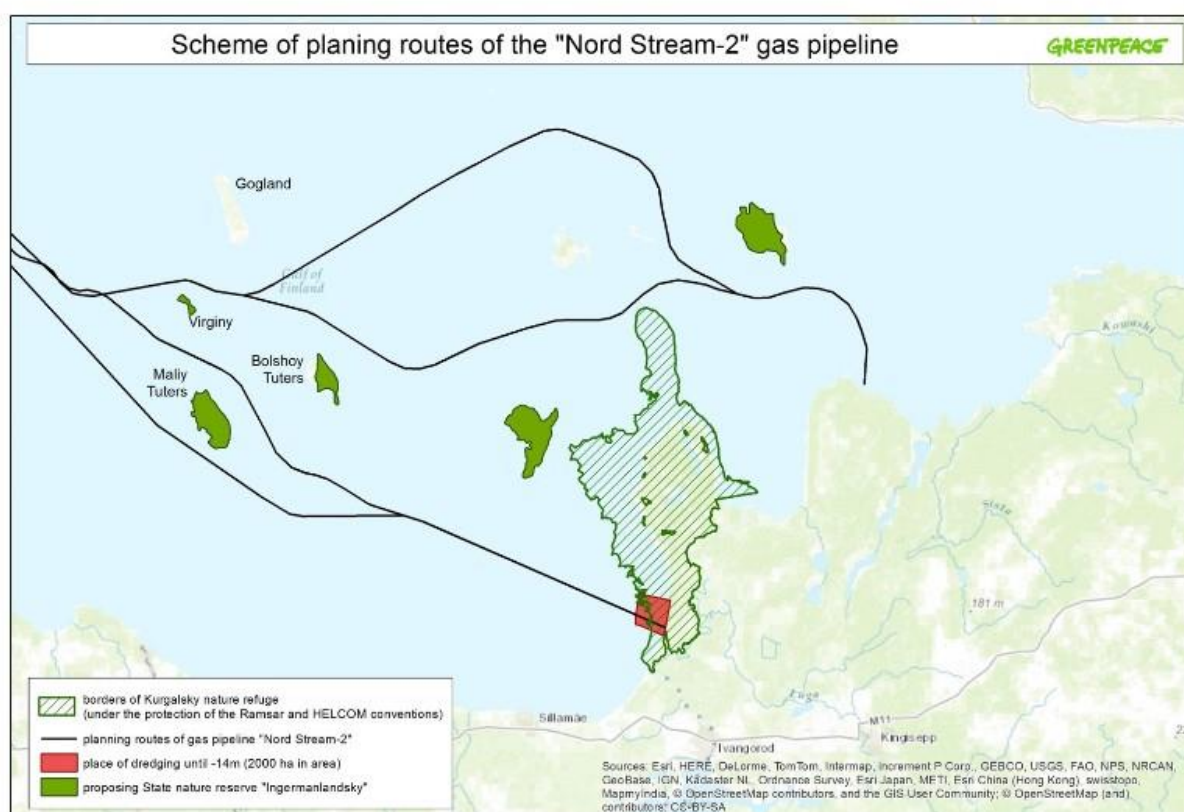


Рис. 2. Схема построения маршрута трубопровода «Северный поток-2»

Но уже на этапе выбора маршрута разработчиков постигли первые сложности. Оказалось, что в соответствии с природоохранными нормами второй газопровод не может досконально повторить маршрут первого. Nord Stream 2 AG пришлось разрабатывать альтернативные варианты.

В заявочной документации проекта указано, что магистраль надежно защищена от внешних повреждений, имеет высокий уровень экологической безопасности, применяемые для ее создания технологии, решения и материалы рассчитаны на бесперебойное функционирование на минимальный срок от 50 лет и выше.

Для оценки воздействия на окружающую среду специалисты начали тщательное исследование акватории Балтийского моря по будущему маршруту «Северного потока-2» еще до начала его прокладки. Эти работы ведутся до сих пор. В общей сложности на сегодня по пути следования трубопровода исследовательские суда прошли свыше 40 тыс. км морского дна, изучая его рельеф, флору, фауну, придонные отложения.

Глава 1. ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И МЕТОДИКА ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

1.1. История развития инженерной геоморфологии

В 20-е годы XX века инженерная геоморфология входила в состав инженерной геологии. *Инженерная геология* – это отрасль геологии, изучающая верхние горизонты земной коры и их динамику в связи с инженерной деятельностью человека. Одним из предметов её изучения являются знания о морфологии верхних горизонтов земной коры, поэтому неудивителен тот факт, что инженерная геоморфология входила в состав инженерной геологии, и даже сейчас в нормативных документах инженерно-геоморфологические изыскания включены в состав инженерно-геологических изысканий, а также в состав инженерно-экологических и инженерно-геодезических.

В 1920-е годы, когда картографы стали применять специальные геоморфологические исследования, стало ясно, что без понимания рельефа нельзя правильно его отображать [32, стр. 9].

В годы первых пятилеток геоморфологи приняли участие в обосновании проектов крупных гидротехнических сооружений (Волховской и Днепровской ГЭС, Беломорско-Балтийского канала), мелиоративного строительства (Поволжье, Белоруссия), дорог (Прибалхашье, Байкало-Амурская магистраль). В частности, «в 1930 году руководитель Бюро подземных вод В.С. Ильин пригласил А.С. Баркова, В.И. Монахову, Л.И. Спрыгину, А.П.Хаустова и М.С.Анисимову принять участие в исследованиях Самарской Луки для обоснования проекта Волгостроя» [32, стр. 9]. Также геоморфологические методы применялись при поиске россыпей золота и алмазов (Урал, Сибирь). Впоследствии, благодаря трудам Ю.А.Билибина, А.Е.Ферсмана, Д.И.Щербакова, И.М.Губкина и других возникла поисковая геоморфология [26, стр. 5].

В журнале «Разведка недр» в 1936 (№21) и 1937 (№13) годах была опубликована дискуссия З.А. Макеева и Б.П. Михеева с единым названием «Значение геоморфологии при инженерно-геологических исследованиях» о необходимости инженерной геоморфологии.

После Великой Отечественной войны вся страна была охвачена геоморфологической съёмкой, так как составление геоморфологических карт стало обязательной частью комплексных геологических съёмок при проектировании и строительстве различных инженерных сооружений [26, стр. 5]. Официальное появление инженерной геоморфологии в послевоенные годы связано с работами Ю.Г. Симонова и Т.В. Звонковой. Т.В. Звонкова [11] ввела сам термин «*инженерная геоморфология*» и изложила основные теоретические положения инженерной геоморфологии, которые уже были рассмотрены выше. Основные направления научной деятельности Т.В.Звонковой: прикладная география, эколого-географическая экспертиза и проектирование. *Прикладная география* – новое научное направление, одним из создателей которого и являлась Т.В.Звонкова [46]. В 1954 г. в геоморфологии Ю.Г.Симоновым впервые была защищена кандидатская диссертация по инженерной тематике (Симонов, 1954). Ю.Г.Симонов занимался и продолжает заниматься региональной, прикладной и динамической геоморфологией, морфологией и морфометрией рельефа, геоморфологическим картографированием и геоинформатикой, а также географическим прогнозированием [45].

Расцвет инженерной геоморфологии в конце 80-х – начале 90-х годов XX века связан с работами Симонова, Кружалина, Тимофеева, Лихачевой, Палиенко, Печи, Котлова, Сваричевской, Лутовинова, Косова, Левандюка, Лютцау, Сафьянова, Ревзона, Фирсенковой, Розанова Селиверстова, Николаевой, Борунова, Рождественского, Лукашева, Рычагова, Ананьева, Скубловой, В.Вад. Бронгулеева, Чичагова, Болысова, Кичигина и др.

В современный этап развития инженерной геоморфологии XXI века произошла специализация инженерной геоморфологии по отдельным

объектам – трубопроводам, городам и пр. Здесь стоит отметить работы учеников Ю.Г.Симонова – А.В.Волкова, Е.В.Голубева и др. В своей диссертации «Инженерно-геоморфологическая оценка условий строительства газотранспортных систем в Ленинградской области» [44] А.В.Волков отмечает, что в конце 1980-х годов активно начал развиваться системный подход к инженерно-геоморфологическим исследованиям, и что «особенную актуальность системный подход, позволяющий учесть всю сложность и многообразие взаимодействий природной среды и инженерного объекта, приобретает в настоящее время в связи с повышением роли экологического аспекта инженерно-геоморфологических исследований». Подобные мысли о развитии геоморфологических исследований в рамках широких геоэкологических исследований высказывались Ю.Г.Симоновым и В.И.Кружилиным [28].

В диссертации Е.В.Голубева (2008) обосновываются критерии оценки рельефа для организации нефтедобывающего хозяйства, включающего в числе прочих объекты трубопроводного транспорта [44].

Одними из последних обобщений по инженерной геоморфологии являются коллективная монография кафедры геоморфологии СПбГУ «Прикладная геоморфология на основе общей теории геосистем» (2008), а также учебник «Динамическая и инженерная геоморфология» (СПб., СПбГУ, 2012).

1.2. Цели, задачи и содержание инженерной геоморфологии

Инженерная геоморфология возникла в 20-ом веке как наука на стыке инженерной географии и инженерной геологии. Её возникновение связано с увеличением инженерно-хозяйственной деятельности человека и усложнением конструкции инженерно-технических сооружений. Зародилась инженерная геоморфология "в недрах инженерной геологии как метод интерполяции инженерно-геологических знаний, позволяющий вести оценку

между двумя естественными обнажениями или скважинами" [28, стр. 9], но получила своё развитие в рамках прикладной геоморфологии.

Предмет инженерной геоморфологии – знания о морфологии, динамике и региональных особенностях рельефа и о его взаимодействии с инженерными сооружениями в связи с осуществленной, текущей или планируемой хозяйственной деятельностью человека. **Объект инженерной геоморфологии** – это рельеф и рельефообразующие процессы. Их изучение необходимо для оптимизации инженерно-хозяйственной деятельности человека, а именно при строительстве инженерно-технических сооружений, зданий, в агротехнических целях, при прокладке каналов, строительстве водохранилищ, и, в частности, при проектировании и строительстве магистральных трубопроводов, что будет рассматриваться в данной работе.

Цель инженерной геоморфологии - "исследование и оценка протекающих на земной поверхности процессов рельефообразования и форм рельефа с точки зрения поисков оптимального варианта размещения инженерно-строительных сооружений, обеспечения их рациональной и эффективной эксплуатации и защиты от разрушительных природных процессов" [34]. То есть можно сказать, что её цель – это выявление геоморфологических условий строительства и эксплуатации сооружений. Но при этом стоит отметить, что нужно учитывать не только рельефообразующие, но и "рельефоконтролируемые процессы" [11, стр. 244], то есть процессы, определяемых рельефом земной поверхности. Изучение этих процессов позволяет произвести оценку не только для проектирования и строительства какого-либо сооружения, но и для последующей эксплуатации, ведь любое сооружение оказывает влияние на окружающий рельеф, и это надо учитывать ещё на стадии проектирования.

По Э.Г. Палиенко [34, стр. 92] инженерная геоморфология подразделяется на три ветви:

1) Общая геоморфология: изучает теоретические вопросы, обобщая методику исследований в различных сферах практического изучения рельефа;

2) Инженерная геоморфодинамика ("процессоведение"). Включает в себя 2 раздела:

- Общая геоморфодинамика: изучает закономерности проявления и сочетания современных геоморфологических процессов и их влияние на хозяйственную деятельность человека;

- Частная геоморфодинамика: состоит из отдельных методов изучения различных процессов (флювиальных, оползней, лавин, карста, селей, современных тектонических движений и др.) и выработки мер по борьбе с этими процессами;

3) Отраслевая инженерная геоморфология: специализированно изучает рельеф для нужд различных отраслей народного хозяйства и включает в себя изучение рельефа в связи с конкретными видами строительства, при землеустроительных работах (для целей сельского хозяйства) и при рациональном землепользовании и природоохранительном прогнозе.

Для инженерной геоморфодинамики А.Н.Ласточкиным был разработан морфодинамический подход.

Э.А.Лихачёва [22] обращает внимание на то, что нужно исследовать как воздействие среды на объект, так и воздействие объекта на среду. Для этого проводят геоморфологическую оценку местности и инженерное моделирование.

Геоморфологическая оценка местности состоит в выяснении геоморфологических условий строительства разных объектов, то есть в выяснении морфометрических и морфологических характеристик рельефа: крутизна и экспозиция склонов, степень выраженности бровок и тыловых швов, глубина расчленения рельефа. Для разных объектов, проектирующихся на одной и той же территории, геоморфологическая оценка местности может быть разной, и это не удивительно, ведь разные

инженерные сооружения оказывают неодинаковое воздействие на окружающую их природную среду.

Какова теоретическая база инженерной геоморфологии? Т.В.Звонкова [13] выделила **8 основных теоретических положений геоморфологии**:

1) Изучение рельефа для инженерной оценки предполагает установление взаимных связей между рельефом и инженерным сооружением;

2) Инженерное сооружение после ввода его в эксплуатацию начинает оказывать влияние сооружений на окружающий ландшафт;

3) Рельеф, грунты и климат определяют характер воздействия природной обстановки на инженерное сооружение;

4) Критерии оценки рельефа как условия строительства и эксплуатации инженерного сооружения – это показатели, определяющие зависимость стоимости строительства и эксплуатации от разных свойств рельефа;

5) Строительство сооружения создаёт искусственный рельеф, что вызывает дисгармонию природы и технический условий, что в свою очередь увеличивают расходы;

6) При инженерной оценке рельефа важно изучение инженерных свойств природных процессов (например, образование овраги, оползни, карст и др.);

7) Необходимо изучать устойчивость различных морфологических и генетических типов рельефа, прежде всего склонов;

8) Для инженерной оценки нужна система экономических оценок геоморфологических условий строительства и эксплуатации инженерных сооружений.

По Т.В.Звонковой **общая задача инженерно-геоморфологических исследований** состоит не только в оценке рельефа с точки зрения инженерно-геологических условий, но и в более широкой комплексной инженерно-географической оценке территории строительства [13, стр. 120]. Э.А.Лихачёва, Д.А.Тимофеев [22, стр. 34] основываются на том, что проектирование объекта должно быть оптимальным, и выделяют следующие

задачи инженерной геоморфологии (которые можно было бы назвать критериями проектируемого объекта):

- 1) Объект должен оказывать минимально возможное негативное воздействие на среду;
- 2) Объект должен быть работоспособен и безавариен в период расчётного срока своей эксплуатации;
- 3) Объект должен быть максимально экономичен при создании и эксплуатации;
- 4) Объект должен быть архитектурно эстетичен в ландшафте.

Проблемы, стоящие перед инженерной геоморфологией [39, стр. 15-18], следующие:

- 1) Создание теории инженерной геоморфологии;
- 2) Теоретическое обоснование структурно-геоморфологических исследований в инженерной геоморфологии;
- 3) Создание научной базы трёх основных направлений:
 - морфометрического
 - морфолитологического
 - морфодинамического.

Для морфодинамического направления, как уже было сказано, А.Н. Ласточкиным был разработан морфодинамический подход. Его алгоритм следующий:

1) Морфологические исследования - это качественные исследования, акцент делается на анализ и выделение форм рельефа и их элементов на карте, а также на выяснение взаимных пространственных соотношений этих форм [6, стр. 354]. Морфология - важный источник информации о генезисе, возрасте рельефа, функционировании, механизме воздействия на ЗП и взаимодействия рельефообразующих процессов [6, стр. 433].

2) Морфометрические исследования.

В морфометрическом анализе количественные характеристики форм рельефа изучаются с помощью специальных измерений. Обычно измеряют

абсолютную и относительную высоту отдельных форм рельефа или их комплексов, углы наклона склонов и их экспозицию, площади, занятые положительными и отрицательными формами рельефа, и некоторые другие [37, стр. 7].

3) Морфодинамические исследования. Основаны на морфодинамической концепции: "Морфология изучаемых объектов отражает создавшие и преобразовавшие их процессы в прошлом и определяет происходящие ныне и ожидаемые в обозримом будущем потоки и переносимые ими вещество и энергию" [6, стр. 426].

4) Изучение морфолитологии. Морфолитологическое направление предполагает сопряженное изучение рельефа и особенностей субстрата.

По мнению Ю.Г. Симонова и В.И. Кружалина, со временем инженерно-геоморфологические исследования станут частью более широких геоэкологических исследований, что может привести к необходимости выявления подходов в решении пропущенных, но важнейших проблем, к которым они относят:

- 1) анализ пространственной и временной организации рельефа и рельефообразующих процессов;
- 2) оценку устойчивости рельефа; геоморфологический прогноз;
- 3) оценку геоморфологического риска для развития геоморфологического страхования.

1.3. Нормативные документы как основа инженерно-геоморфологических изысканий

Инженерно-геоморфологические изыскания регулируются строительными нормами и правилами (СНиПами и СПами) – например, СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» и дополнение к нему СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция

СНиП 11-02-96». Требования этих правил распространяются на архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкцию, эксплуатацию, снос(демонтаж) зданий и сооружений, а также на территориальное планирование и планировку территории [37, пункт 1.2]. То есть СНиПы являются базой предпроектных, проектных изысканий, изысканий в стадии эксплуатации и реконструкции объекта.

В СП 47.13330.2012 [37] в пункте 4.1 инженерные изыскания для строительства определяют как «вид градостроительной деятельности, осуществляемой с целью изучения природных условий и факторов техногенного воздействия для подготовки данных по обоснованию материалов для архитектурно-строительного проектирования, строительства, эксплуатации, сноса (демонтажа) зданий или сооружений, а также для документов территориального планирования и документации по планировке территории».

Как уже было сказано, в нормативных документах инженерно-геоморфологические изыскания входят в состав инженерно-геологических, инженерно-экологических и инженерно-геодезических изысканий.

В пункте 6.1 СНиП 11-02-96 [31] написано: «Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района (площадки, участка, трассы) проектируемого строительства, включая рельеф, геологическое строение, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы, изменение условий освоенных(застроенных) территорий, составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой с целью получения необходимых и достаточных материалов для проектирования, строительства и эксплуатации объектов». Как мы видим, внушительная часть инженерно-геологических изысканий является областью изучения инженерной геоморфологии.

В пункте 6.3 того же документа [31] также указано, что текстовая часть технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий для разработки предпроектной документации должна содержать, помимо прочего, следующую информацию, которую можно получить при инженерно-геоморфологических изысканиях:

1) В разделе «Физико-географические и техногенные условия» сведения о «рельефе и геоморфологии»;

2) В разделе «Специфические грунты» сведения о приуроченности специфических грунтов к определенным формам рельефа и геоморфологическим элементам»;

3) В разделе «Геологические и инженерно-геологические процессы» сведения о:

- наличии, распространении и контурах проявления геологических и инженерно-геологических процессов (карст, склоновые процессы, сели, переработка берегов рек, озер, морей и водохранилищ, подтопление, подрабатываемые территории, сейсмические районы);

- зоне и глубине их развития;

- типизации и приуроченности процессов к определенным формам рельефа, геоморфологическим элементам, типам грунтов, гидрогеологическим условиям, видам и зонам техногенного воздействия;

- особенностях развития каждого из процессов, причины, факторы и условия развития процессов;

- состоянии и эффективности существующих сооружений инженерной защиты;

- прогнозе развития процессов во времени и в пространстве в сфере взаимодействия проектируемого объекта с геологической средой;

- оценке опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов;

– рекомендациях по использованию территории, мероприятиям и сооружениям инженерной защиты, в том числе, по реконструкции существующих.

4) В разделе «Инженерно-геологическое районирование» сведения:

– о сопоставительной оценке вариантов площадок и трасс по степени благоприятности для строительного освоения с учетом прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации объектов;

– о рекомендациях по инженерной защите, подготовке и возможному использованию территории.

Графическая часть технического отчета для разработки предпроектной документации описана в пункте 6.4 и должна включать в себя, в частности, карты опасности и риска от геологических и инженерно-геологических процессов (криогенные процессы, просадочные, набухания, заболачивания, засоления и выщелачивания, выветривания, карста, склоновых, селевых, абразии, подтопления). Требования к исследованию этих процессов описаны в пунктах 6.9-6.22.

В пункте 6.24 есть следующее указание: «В пределах одного геоморфологического элемента допускается приводить описание геологического строения в целом площадки (трассы) или ее частей (общее для нескольких участков зданий и сооружений)». По мнению А.И.Жирова и Н.И.Шавель [6, стр. 248] это указание «подчеркивает необходимость применения морфодинамического метода при инженерных изысканиях для строительства», так как использование морфодинамического подхода позволяет выделить элементарные поверхности, представляющие собой площадные элементы ЗП (земной поверхности), и использовать их в качестве единиц последующего инженерно-геоморфологического картирования [10, стр. 248].

В 2012 году были внесены некоторые изменения в СНиП «Инженерные изыскания для строительства», которые отражены в СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

Актуализированная редакция СНиП 11-02-96» [37]. В этом документе инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания объединены в одну шестую главу, где подробно описываются требования к инженерно-геологическим исследованиям, проводимым для различных целей. Цели могут быть следующими:

- подготовка документов территориального планирования и документации по планировке территории и принятия решений относительно выбора площадки строительства или варианта трассы (глава 6.2);
- подготовка проектной документации (главы 6.3-6.4);
- строительство, эксплуатация и снос (демонтаж) объектов капитального строительства (глава 6.5);
- изыскания в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений и распространения специфических грунтов (глава 6.6).

В главе 6.7 изложены требования к оформлению отчёта о результаты инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий для подготовки проектной документации, а также дополнительные требования к результатам специальных исследований (например, в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, специфических грунтов и опасных геологических и инженерно-геологических процессов).

Изменения, касающиеся инженерно-геоморфологических изысканий, отражены в следующих подпунктах того же документа:

- 6.2.8 «Горные выработки должны распределяться в пределах изучаемой территории в соответствии с геологическими и геоморфологическими особенностями этой территории и с учетом предполагаемых объемно-планировочных решений».
- 6.3.3. «Программа выполнения инженерно-геологических изысканий должна содержать основные сведения о геоморфологическом и геологическом строении территории (акватории) изысканий».

Также во многих подпунктах прописаны такие требования, выполнение которых будет нуждаться в первостепенном выделении геоморфологических элементов, что снова возвращает нас к мысли о необходимости морфодинамического подхода в изысканиях. Например:

– в пункте 6.3.27: «При определении нормативных и расчетных значений показателей прочностных и деформационных свойств грунтов выделенных инженерно-геологических элементов используют результаты ранее выполненных инженерных изысканий в пределах границ площадки (участка) изысканий. В расчетах допускается использовать результаты прилегающей зоны, ширину которой принимают как среднее расстояние между выработками в соответствии с таблицей 6.1 и в пределах *одного геоморфологического элемента*»;

– в пункте 6.4.5: «Горные выработки должны быть размещены, как правило, по контурам и (или) осям проектируемых зданий и сооружений, расстояние между горными выработками обычно назначается в соответствии с таблицами 6.2 и 6.4. В местах резкого изменения нагрузок на фундамент, глубины их заложения, высоты сооружений, на границах различных *геоморфологических элементов* следует размещать дополнительные выработки»;

– в пункте 6.7.2.2: «В районах распространения просадочных грунтов следует дополнительно к 6.7.1 в техническом отчете устанавливать: распространение и приуроченность просадочных грунтов к определенным *геоморфологическим элементам* и формам рельефа, характер микрорельефа и развитие просадочных процессов и явлений (размер и формы просадочных блюдцев, подов, ложбин, лессового псевдокарста, солончаков, солонцов и пр.)».

Таким образом, несмотря на то, что инженерно-геоморфологические исследования не прописаны отдельной строкой в СНиПах, они являются базой для других инженерных изысканий.

1.4. Особенности магистральных трубопроводов как объекта инженерных изысканий при строительстве

Трубопроводы, наряду с такими объектами капитального строительства, как линии электропередач, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), автомобильные дороги, железнодорожные линии, искусственно созданные внутренние водные пути, трамвайные линии, теплопроводы, коллекторы и другие объекты, являются линейными объектами. Они прокладываются на большие расстояния(к примеру, протяжённость "Северного потока" составляет 1224 км, газопровода «Ямал — Европа» более 2000 км), пересекают территории с разными геоморфологическими условиями, разными экзогенными и эндогенными процессами, поэтому инженерно-геоморфологические изыскания должны проводиться в больших масштабах на всём протяжении трубопровода. Также трубопроводы вследствие их линейности могут менять направление, что позволяет обходить нежелательные участки с неблагоприятными геоморфологическими условиями и опасными геоморфологическими процессами. Например, для огибания болот и оврагов используется надземная прокладка трубопроводов, а для обхода рек – глубокая подземная прокладка. Но при этом может увеличиться протяжённость трубопровода, что потребует увеличение материала для строительства и изыскательных работ.

Большая часть трубопровода прокладывается под землёй, надземная прокладка - частные случаи. Поэтому следует учитывать возможность вскрытия трубопровода вследствие процессов абразии, эрозии, дефляции. Оценка интенсивности этих процессов и возникновения новых вследствие нарушения грунта и растительного покрова определяет глубину закладки трубопровода и планировку местности при подготовке строительства. При закладке трубопровода под реками(на участке подводного перехода) необходимо избежать обнажения трубопровода вследствие размыва, для этого "проводят исследования плановой и высотной деформации русел,

учитываются тенденции развития долины реки, продольного и поперечного профиля реки, тип руслового процесса на участке перехода" [13, стр. 217]. Надземная прокладка трубопровода, как уже было сказано, осуществляется над болотами, оврагами, а также в условиях многолетней мерзлоты. Причина – криогенные процессы, связанные с развитием мерзлоты (морозобойное растрескивание, морозная сортировка грунта, грунтовые наледи, морозное пучение), и процессы, связанные с деградацией мерзлоты (термокарст, термоэрозия, термоабразия), которые могут оказать на трубопровод негативное воздействие, вызвать проседание поверхности или её выпячивание, изменение давления в трубопроводе и даже его разрыв, например, когда один участок трубопровода вымораживается на поверхность, а другой остаётся в грунте. Именно поэтому подземная прокладка трубопровода в условиях многолетней мерзлоты "допустима лишь в сухих мёрзлых грунтах без включения льда и не рекомендуется в пучинистых ледонасыщенных грунтах (10-15%), дающих осадку" [13, стр. 217].

При строительстве магистральных трубопроводов важны морфометрические показатели рельефа, особенно уклоны, так как с изменением уклона поверхности меняется давление в трубопроводах (при увеличении уклона оно уменьшается, что влияет на транспорт газа), меняются приращения высот на длину, меняется вероятность активизации опасных экзогенных процессов на склоне (при увеличении уклона она возрастает) [57].

Таким образом, рельеф и природные процессы определяют надземный или подземный способ укладки, направление простираения трубопровода, его кривизну, глубину заложения или высоту над землёй, протяжённость. При проектировании и строительстве трубопроводов работают с морфометрическими характеристиками рельефа и учитывают наличие и интенсивность различных экзогенных геологических и геоморфологических процессов.

Общее представление о магистральных трубопроводах. В СНиПе 2012-го года "Магистральные трубопроводы" [48, пункт 3.35] даётся следующее определение магистрального трубопровода:

"Трубопровод магистральный: Единый производственно-технологический комплекс, включающий в себя здания, сооружения, его линейную часть, в том числе объекты, используемые для обеспечения транспортировки, хранения и (или) перевалки на автомобильный, железнодорожный и водный виды транспорта жидких или газообразных углеводородов, измерения жидких (нефть, нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы, газовый конденсат, широкая фракция легких углеводородов, их смеси) или газообразных (газ) углеводородов, соответствующих требованиям законодательства Российской Федерации."

Согласно пункту 5.9 того же документа в состав магистральных трубопроводов входят:

- трубопровод с:
 - ответвлениями (*ответвление* - участок трубопровода, не имеющий перекачивающих и компрессорных станций, соединяющий магистральный трубопровод с предприятиями добычи, накопления, потребления, распределения и переработки перекачиваемого продукта)
 - лупингами (*лупинг* – трубопровод, проложенный параллельно основному трубопроводу и соединённый с ним для увеличения его пропускной способности),
 - запорной арматурой (*запорная арматура* предназначена для перекрытия потока рабочей среды с определенной герметичностью),
 - переходами через естественные и искусственные препятствия,
 - узлами подключения различных станций, пунктов и устройств.
- установки электрохимической защиты трубопроводов от коррозии, сооружения технологической связи, средства автоматики и телемеханики;
- линии электропередачи (ЛЭП), предназначенные для энергообеспечения трубопроводов и устройства электроснабжения и

дистанционного управления запорной арматурой и установками электрохимической защиты трубопроводов, сети связи;

- сооружения и средства противопожарной защиты трубопроводов, противозрозионные и защитные сооружения;

- ёмкости для хранения и разгазирования конденсата, земляные амбары для аварийного выпуска нефти, нефтепродуктов, конденсата и сжиженных углеводородов;

- здания и сооружения линейной службы эксплуатации трубопроводов;

- вдольтрассовые проезды и вертолетные площадки, расположенные вдоль трассы трубопровода, и подъезды к ним, опознавательные и сигнальные знаки местонахождения трубопроводов;

- головные и промежуточные НПС (нефтеперекачивающая станция), ПС (перекачивающая станция нефтепродуктов) и наливные станции, НС (насосная станция), резервуарные парки, КС (компрессорная станция) и ГРС (газораспределительная станция), объекты перевалки товарной продукции на другие виды транспорта;

- СПХГ (станции подземного хранения газа);

- пункты подогрева нефти и нефтепродуктов

- указатели и предупредительные знаки.

То есть в составе присутствуют и линейные (такие как сам трубопровод, ЛЭП, установки электрохимической защиты), и площадные сооружения(пункты подогрева нефти и нефтепродуктов, НС, КС и др. станции).

Схема сооружений магистрального газопровода представлена на рисунке 3 [35, стр. 32].

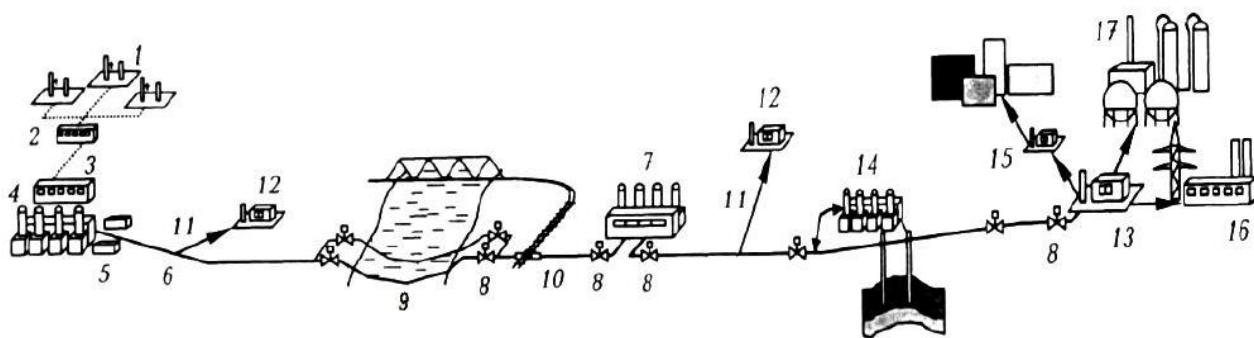


Рис. 3. Схема сооружений магистрального газопровода [31, стр.32]:

1 - промыслы; 2 - газосборный пункт; 3 - промысловый коллектор;

4 - установка подготовки газа; 5 - головная компрессорная станция (КС);

6 - магистральный трубопровод; 7 - промежуточная КС;

8 - линейные запорные устройства(запорная арматура); 9 - подводный переход с резервной ниткой;

10 - переход под железной дорогой; 11 - отвод(ответвление) от магистрального газопровода;

12 - газораспределительная станция (ГРС); 13 - конечная ГРС;

14 - станция подземного хранения газа (СПХГ);

15 - газорегуляторный пункт (ГРП); 16 - тепловая электростанция;

17 - газоперерабатывающий завод (ГПЗ)

Процесс транспорта газа с места его добычи к потребителям выглядит следующим образом:

С месторождений (**1**) газ от скважин под действием пластового давления по сборным индивидуальным газопроводам поступает через газосборный пункт (**2**) на установку подготовки газа, где производят его осушку, очистку от механических примесей, углекислого газа и сероводорода, первично замеряют и при необходимости редуцируют. Далее газ направляется уже в промысловый газосборный коллектор (**3**) и установку комплексной подготовки газа (**4**), где его вторично очищают, обезвоживают, замеряют и доводят до товарной кондиции. После этого газ поступает на головную компрессорную станцию (**5**), где он газоперекачивающими агрегатами

компримируется(сжимается) до номинального рабочего давления (7,5 МПа), а затем поступает непосредственно в магистральный трубопровод (6).

В процессе транспорта по магистральному трубопроводу часть газа по отводу(ответвлению) от магистрального газопровода (11) может попадать в газораспределительную станцию (12), которая служит для понижения давления газа до уровня, необходимого для его безопасного потребления, и далее этот газ распределяется по трубопроводам отдельных потребителей. Также часть газа может отправляться на станцию подземного хранения газа (14), которая находится рядом с крупными населёнными пунктами и в которой летом идёт накопление газа(это связано с неравномерностью потребления). Остальной газ продолжает транспорт по магистральному трубопроводу, в процессе которого может проходить, например, под реками (9) или под железной дорогой (10). На протяжении всего пути не более чем через 30 км устанавливаются линейные запорные устройства – краны (8), которые могут перекрывать поток газа с определённой степенью герметичности и которые имеют свечи для выпуска газа в атмосферу в случае аварии. Кроме этого, через каждые 80-150 км газ попадает на промежуточную КС (7), которая предназначена для поддержания режимов транспортировки газа и для контроля технологических параметров. Когда газ доходит уже до конечной газораспределительной станции (13), давление газа снова понижается. Оттуда газ попадает либо в газорегуляторный пункт (15), его входное давление понижается до заданного уровня и поддерживается постоянным независимо от расхода газа, либо на тепловую электростанцию (16), либо на газоперерабатывающий завод (17).

Существуют и вспомогательные линейные сооружения магистрального газопровода: линии связи, вдольтрассовые дороги, вертолётные площадки, площадки аварийного запаса труб, усадьбы линейных обходчиков и т.д.

Таблица 1. Границы значений основных параметров магистрального трубопровода (согласно [35, стр. 19-20]):

Параметр трубопровода	Границы значений параметра
Диаметр	От 219 до 1420 мм
Протяжённость	Более 50 км
Давление транспортируемого продукта	От 1,2 до 10 МПа
Пропускная способность(действующих однониточных магистральных газопроводов)	От 10 млрд до 50 млрд м ³ в год

Магистральные трубопроводы(газопроводы и нефтепроводы) подразделяются на разное количество классов по рабочему давлению, по диаметру [48, пункты 6.1-6.2.2]. Например, магистральные газопроводы в зависимости от рабочего давления в трубопроводе подразделяются на два класса:

I – при рабочем давлении свыше 2,5 до 10,0 МПа включительно;

II – при рабочем давлении свыше 1,2 до 2,5 МПа включительно.

Также магистральные трубопроводы и их участки подразделяются на пять категорий(В, I, II, III, IV), каждая из которых требует соответствующего обеспечения прочностных характеристик на любом участке трубопровода (определённого коэффициента условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность m) [48, пункт 6.3]. Например, согласно пункту 6.4 [48], в северной строительно-климатической зоне категория трубопровода при подземной, наземной и надземной прокладке всегда остаётся III. Но для отдельных участков трубопровода категория может меняться [48, пункт 6.5], так как трубопровод проходит через разнообразные условия местности, а также при проставлении категории учитываются возможные последствия в случае разрушения трубопровода на конкретном участке. Например, категория В(высшая) присваивается

участкам трубопровода, расположенным внутри зданий и в пределах территорий КС(компрессорная станция), ПРГ(пункт редуцирования газа), СПХГ(станции подземного хранения газа), ДКС(дожимная компрессорная станция), ГРС(газораспределительная станция), НПС(нефтеперекачивающая станция), УЗРГ(узел замера расхода газа), так как разрушение трубопровода на этих участках повлечёт за собой значительные последствия. Категория I, например, присваивается участкам с переходом через железные дороги общей сети, через судо- и несудоходные реки с шириной зеркала воды более 25 метров, через болота III типа*(содержащие в пределах болотной толици хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи)* при диаметре трубопровода 1000 мм и более. Примеры участков категории II – это участки, прокладываемые по территории распространения многолетнемерзлых грунтов, имеющих при оттаивании относительную осадку свыше 0,1; или участки с переходами через селевые потоки, конуса выносов и солончаковые грунты. Наконец, категорию III имеют участки с переходами через овраги, балки, рвы и пересыхающие ручьи, и участки, прокладываемые по поливным и орошаемым землям различных сельскохозяйственных культур, кроме рисовых и хлопковых плантаций(для них проставляется категория II).

Особенности инженерных изысканий при строительстве магистральных трубопроводов. Действующие нормативные документы по строительству магистральных трубопроводов(например, [48], [49]) не прописывают конкретные виды работ инженерно-геологических изысканий при строительстве магистральных трубопроводов, а делают ссылку на СНиП и СП "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения"([33], [34]). Однако существует проект СП «Инженерные изыскания для строительства магистральных трубопроводов», в котором описывают инженерные изыскания именно при строительстве магистральных трубопроводов[33]. По мнению авторов данного проекта, в

состав инженерно-геологических изысканий для строительства магистрального трубопровода входят следующие виды работ[33, пункт 6.2.2]:

- сбор и анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет;
- дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли (АКС и АФС);
- комплексное инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование и маршрутные наблюдения (включая аэровизуальные, автомобильные и пешие маршруты с попикетным описанием трассы и полевым дешифрированием, выполняемые на всех этапах изысканий с целью выявления и изучения основных особенностей инженерно-геологических условий исследуемой территории и полевой заверки и интерпретации данных дистанционного зондирования. Объемы определяются в зависимости от сложности, участка, наличия параллельных ниток (ВЛ) и наличия материалов изысканий прошлых лет;
- проходка горных выработок и их опробование
- выявление участков развития опасных инженерно-геологических процессов и специфических грунтов;
- инженерно-геофизические исследования, включающие сейсморазведку (преимущественно сейсмопрофилирование), электроразведку в различных модификациях, газово-эманационную съемку;
- полевые испытания грунтов;
- сейсмологические исследования;
- гидрогеологические исследования
- стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов оснований существующих сооружений (в том числе на участках подводных переходов);
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;

- камеральная обработка материалов и составление технического отчета (заключения).

В состав инженерно-геоморфологических, помимо общих для всех исследований работ "предполевого этапа"(сбор и анализ материалов, дешифрирование АКС и АФС) и рекогносцировочных маршрутов, входят выявление участков развития опасных инженерно-геологических(геоморфологических) процессов, оценка их интенсивности и составление прогноза изменений инженерно-геологических(и геоморфологических) условий. По этим данным может проводиться дальнейшая разработка проектов инженерной защиты и/или мелиорации грунтов.

При производстве инженерно-геологических изысканий в районах развития склоновых процессов, карста, переработки берегов водных объектов, селей, подтопления состав, объемы, методы и технология работ устанавливаются в соответствии с СП 11-105-97 (часть II - Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов) [42]. По требованию заказчика могут выполняться специализированные инженерно-геологические съемки (оползневая, карстологическая, суффозионная, селевая), по их данным и данным сопутствующих полевых работ проводится районирование площадки по степени оползневой, карстовой, суффозионной, эрозионной и прочих опасностей, с учетом максимальных размеров поверхностных проявлений процессов в плане (средняя величина в m^2), плотности поверхностных проявлений на кв. км или на гектар и других параметров и характеристик рассматриваемых процессов в заданном интервале времени[41, пункт 6.2.5].

Например, *в оползневых районах* в состав исследований входит: изучение тел имеющихся оползней, изучение свойств пород и режима подземных вод, наблюдения за подвижками оползня, а также расчеты устойчивости склона.

В карстовых районах при инженерно-геологических изысканиях, оценивают площадь, позволяющую дать оценку всех геологических факторов на развитие карста, изучают морфологию и возраст карста, устанавливают возможность образования провалов или

просадок, выявляют участки, наименее подверженные карстовым процессам, определяют

мероприятия, обеспечивающие безопасность строительства и эксплуатации трубопровода,

собирают сведения об опыте строительства и эксплуатации существующих сооружений.

В районах развития многолетней мерзлоты проводят специальные мерзлотно-грунтовые исследования с целью установления: глубины сезонного промерзания и протаивания грунтов, глубины залегания и характера рельефа верхней поверхности многолетней мерзлоты, типа мерзлоты(сплошная, слоистая), состава и льдистости мёрзлых пород, термического режима деятельного слоя, степени пучинистости пород деятельного слоя, сжимаемости мёрзлых пород при оттаивании, наличия наледей, термокарстовых понижений и т.д.

В районах развития просадочных грунтов устанавливают степень опасности просадочных грунтов для проектируемого трубопровода и приводят рекомендации по проведению мероприятий, предупреждающих возникновение возможных деформаций при замачивании пород.

В районах развития переработки берегов морей, озёр и водохранилищ изучают процессы переработки берегов и подпора грунтовых вод, устанавливают зоны возможной активации современных геологических процессов. В горных районах изучают возможность возникновения селей, оползней, осыпей, обвалов, снежных лавин и мерзлотных явлений, выявляют степень опасности этих процессов и оконтуривают возможные зоны их взаимодействия на трубопроводы(масштаб инженерно-геологической съёмки не меньше 1:50000).

На заболоченных территориях изучают условия образования болота, устанавливают его тип (существует три типа), геологическое строение, состав и рельеф минерального дна, уточняют условия залегания грунтовых вод и характер питания болота, определяют химический состав грунтовых вод, физические свойства болотных образований, их ботанический состав, степень разложения, выясняют условия проходки траншеи для укладки трубопровода [41, стр.319-322].

По результатам исследований строится карта опасных геолого-геоморфологических процессов и оценкой интенсивности этих процессов. В техническом отчёте [42, пункт 6.2.14.1] должно быть приведено, по мнению авторов проекта СП, следующее (ниже приведены главы отчёта, которые могут составляться с помощью инженерно-геоморфологических исследований):

- Описание геологических и инженерно-геологических процессов и явлений (наличие, распространение и контуры проявления геологических и инженерно-геологических процессов, глубина, особенности, причины, факторы, условия их развития и прогноз развития в сфере взаимодействия с окружающей средой),

- Описание состояния и эффективности существующих сооружений инженерной защиты

- Рекомендации по использованию территории, мероприятиям и сооружениям инженерной защиты, в том числе по реконструкции существующих сооружений)

Графическая часть отчёта, относящаяся к инженерно-геоморфологическим исследованиям, должна содержать:

- инженерно-топографический план всех вариантов трассы, план съёмки участков индивидуального проектирования

- карту или схему опасных экзогенных геологических процессов и гидрологических явлений.

- карты инженерно-геологических условий (при необходимости);

По данным инженерно-геологических и инженерно-геоморфологических исследований идёт подготовка строительной полосы линейной части магистрального трубопровода согласно Своду Правил по сооружению линейной части газопроводов, СП 103-34-96 "Подготовка строительной полосы".

Глава 2. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (Кургальский полуостров)

Участок исследования расположен в Кингисеппском районе Ленинградской области в юго-западной части Кургальского полуострова (рис. 4). Исследуемый участок в административном отношении расположен в Ленинградской области, Кингисеппском р-не, в Кузёмкинском сельском поселении, в 4 километрах к юго-западу от деревни Большое Кузёмкино.

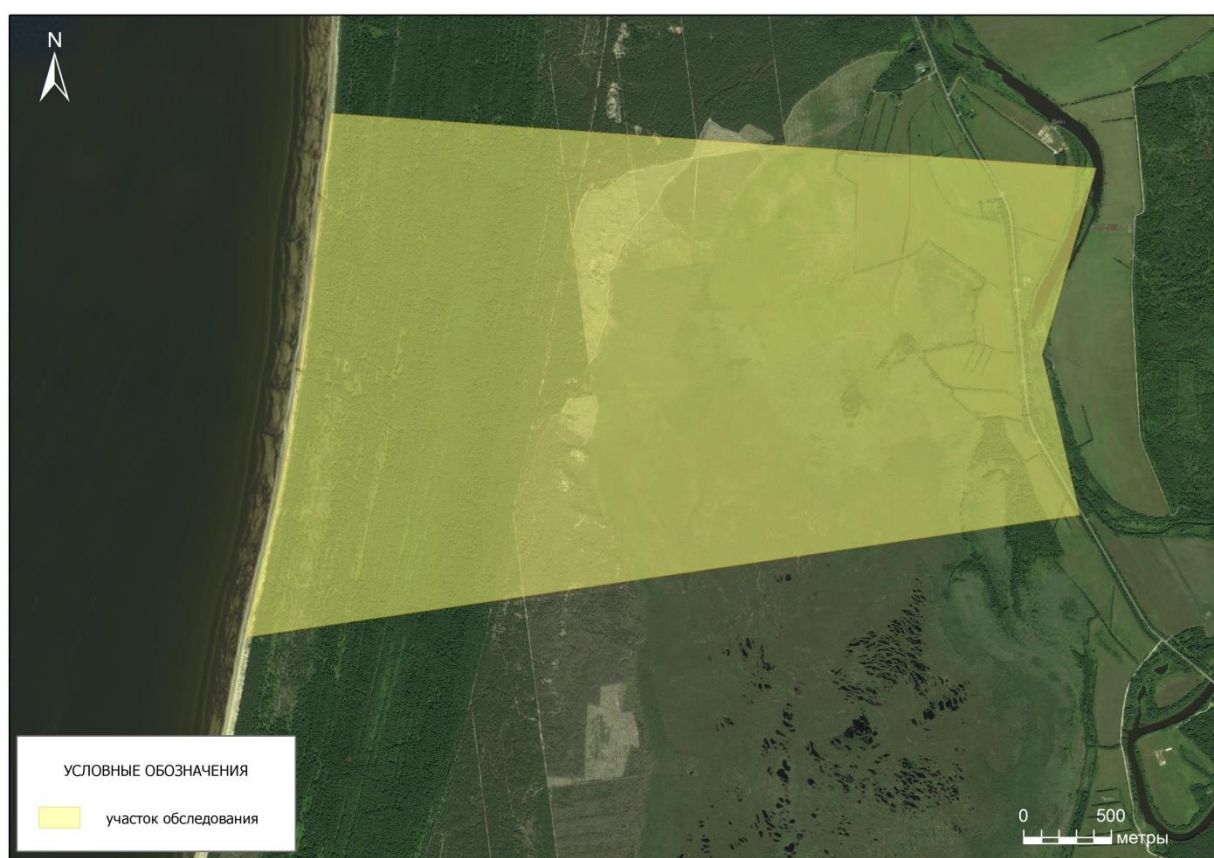


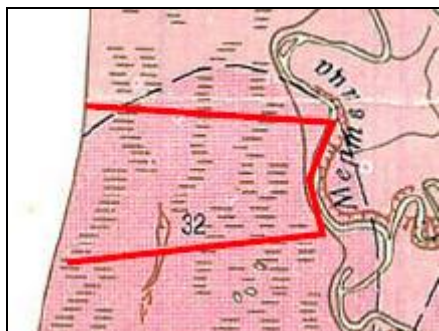
Рис. 4. Космический снимок Кургальского участка работ

В орографическом отношении участок находится в пределах Предглинтовой низменности - это та площадь Принарвской низменности, лежащей к северу от Балтийско-Ладожского глинта(уступа). На геологической карте СССР масштаба 1:200 000 данный участок изображен на листе О-35-V [36].

2.1. Геологические условия исследуемого участка

2.1.1. Общее геологическое строение участка

Участок находится в пределах нижнекембрийских коренных пород (рис. 5). На большей части участка коренными породами являются песчаники и пески с прослоями глин и алевролитов (надляминаритовый горизонт). К северо-западу они сменяются глинами аргиллитоподобными с прослоями песчаников и алевролитов(ляминаритовый горизонт). Однако границы этих горизонтов, как утверждают авторы объяснительной записки к вышеуказанной карте [47], носят условный характер, и выделяются по литологическим признакам, так как органические остатки в этих горизонтах не встречены. Основной частью надляминаритового горизонта являются слабосцементированные песчаники и пески, в основном тонко- и мелкозернистые, тонкослоистые, кварцевые, в той или иной мере слюдистые. Ляминаритовый же горизонт сложен толщей тонкослоистых, часто аргиллитоподобных, гидрослюдистых глин с прослоями(0,10-0,70 м) песчаников, песков и плотносцементированных алевролитов [47].



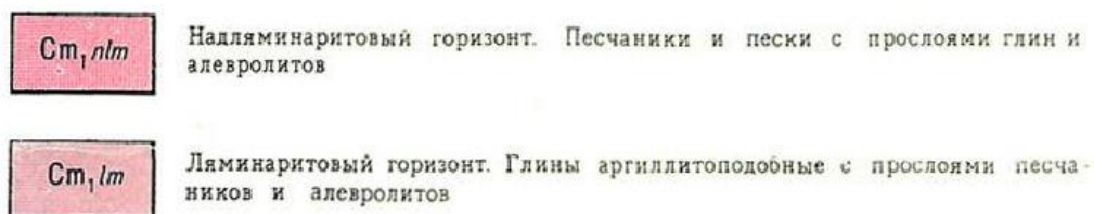


Рис. 5. Фрагмент геологической карты СССР м-ба 1:200 000 (лист О-35-V) и легенды к ней [36].

Участок покрывают разнообразные четвертичные отложения (рис.6), мощность которых в Предглинтовой низменности составляет более 30 метров [47, стр.29]. Большую часть составляют отложения литоринового моря - пески, глины, галечники, которые относят к современным отложениям. Практически по центру участка с севера на юг проходит слой золотых отложений, представленных песками. Частично эти отложения представлены и на прибрежной части участка. Также значительную часть участка покрывают болотные отложения, представленные торфом. Восточная граница участка проходит по полосе аллювиальных отложений (галечники, пески, глины, илы) реки Мертвица (приток реки Луги) [38]. Дадим краткую характеристику каждого типа отложений [44, стр. 47-49]:

- **отложения литоринового моря** – представлены песками (чаще всего мелко- и среднезернистые, хорошо отсортированные, полевошпат-кварцевые), супесями, суглинками и глинами, содержащими небольшое количество органического вещества (пыльца и диатомовые водоросли), а в береговых валах - крупнозернистыми гравелистыми песками. Имеют мощность до 8-9, подстилаются осадками более древних стадий Балтийского моря.

- **золотые отложения** – представлены мелко- и среднезернистыми кварцевыми и олигомиктовыми хорошо отсортированными песками с косо́й слоистостью мощностью не более 3-5 метров (в некоторых случаях, когда они образуют крупные участки, мощность может достигать 15-18 метров). Образовались путем перевевания прибрежных образований Балтийского моря.

- **болотные отложения** – представлены торфом, мощность которого чаще всего составляет 1,5-2 метра. Так как участок находится в низменной части побережья Балтийского моря, накопление торфа неоднократно прерывалось трансгрессиями различных стадий Балтийского моря(многочисленные слои погребённого торфа это подтверждают).

- **аллювиальные отложения** – представлены узкими полосами руслового, пойменного и старичного аллювия. В Предглинтовой низменности развит старичный аллювий - илистые заторфованные глины и суглинки мощностью до 2 метров.

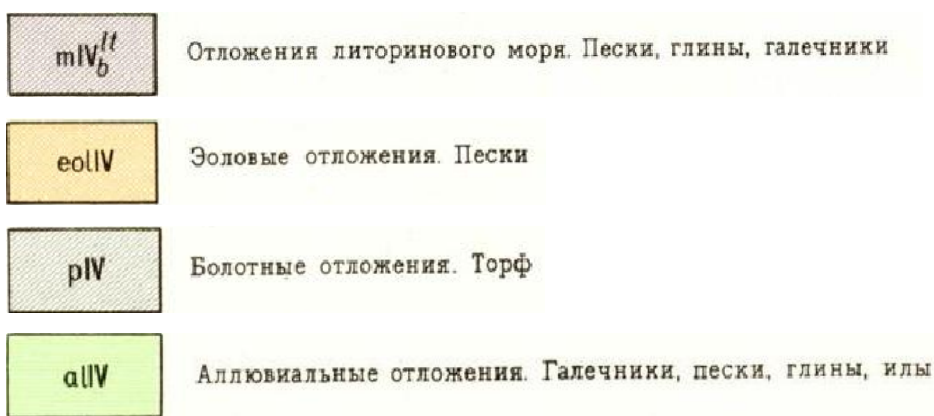


Рис. 6. Фрагмент карты четвертичных отложений СССР м-ба 1:200 000 (лист О-35-V) и легенды к ней [38].

2.1.2. Тектонические условия

Территория листа О-35-V с исследуемым участком расположена в пределах южного подземного склона Балтийского кристаллического щита. В северо-западной части территории листа абсолютная отметка поверхности щита составляет -140 метров, к юго-востоку поверхность полого погружается в среднем под углом 9'-10'. На фоне спокойного почти горизонтального

залегания палеозойских отложений наблюдается пологая волнистость слоев, осложнённая тектонической трещиноватостью (в основном развита в отложениях ордовика) и небольшими сбросами. На территории города Кингисеппа (примерно в 32 км к юго-востоку от исследуемого участка) установлен ряд сбросов с амплитудой от 8 до 18 м. Это видно на геологическом профиле по линии В-Г (рис. 7).

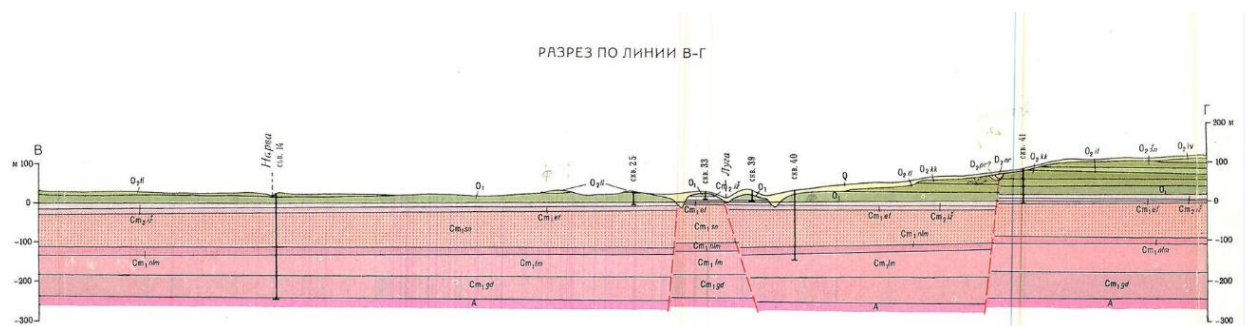


Рис.7. Геологический профиль по линии В-Г к геологической карте СССР м-ба 1:200 000 (лист О-35-V) [36].

Суммарная величина неотектонических движений, начиная от неогена до отступления последнего ледника, составляет 260-270 метров. В настоящее время скорость поднятия территории листа изменяется с юго-востока на северо-запад от 0,6 до 1,5 мм в год, для района Кингисеппа суммарное поднятие за последние 12 тысяч лет составляет около 45 метров, а для Кургальского полуострова - 60 метров. При этом скорость неотектонических движений изменялась: примерно до середины атлантического времени поднятие шло быстро, а потом замедлилось до 2,2 мм/год в районе дер. Курголово и до 1 мм/год в районе г.Кингисеппа [43, стр.50-56].

Западная часть территории Ленинградской области расположена в северо-западной части Восточно-Европейской платформы, тяготея к тектонически напряженной зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты. Зона дугой протягивается с северо-востока от Мезенской губы Белого моря на юго-запад до Финского залива. От рифея до мезозоя в пределах зоны происходили активные тектонические и магматические процессы. В узлах сопряжения Балтийско-Мезенской зоны с поперечно-радиальными

тектоническими структурами формировались участки минерализации золота, платиноидов, ванадия, урана и пр.

В рассматриваемой западной части территории Ленинградской области, за пределами влияния региональной тектонической зоны, кристаллический фундамент разделен разрывными нарушениями на отдельные блоки, различающиеся по вещественному составу, интегральным плотностным характеристикам и внутренней структуре (рис. 8) [12, стр. 25-31].

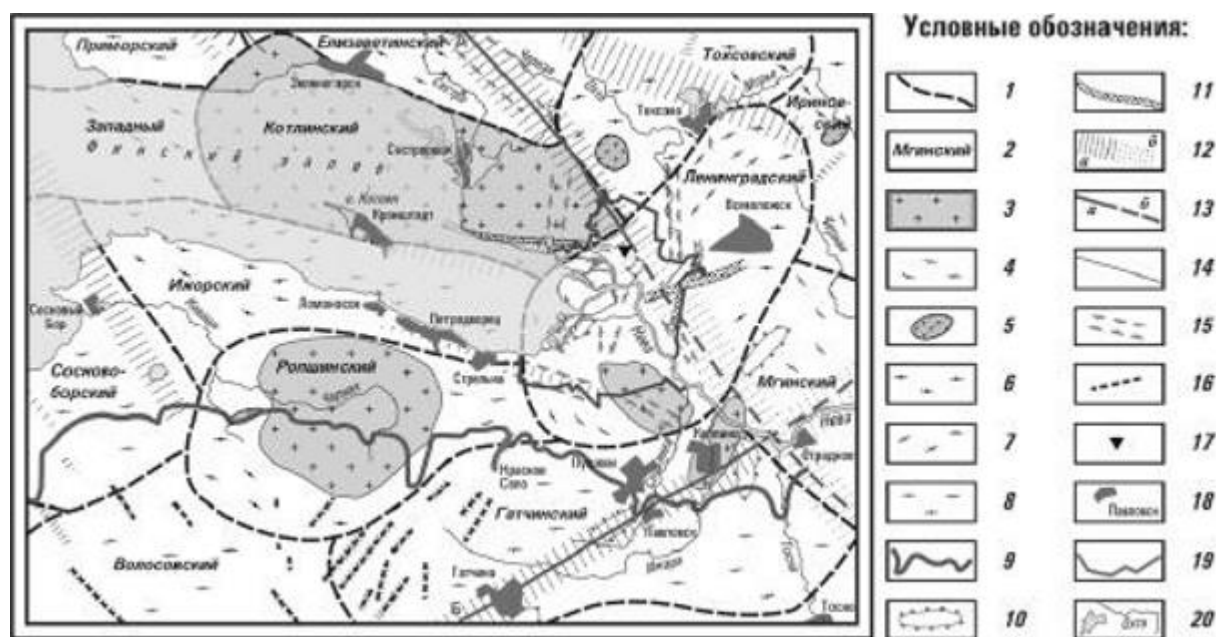


Рис. 8. Блочное строение западной части Ленинградской области (согласно [30, стр. 31-32], с изменениями и дополнениями [1, стр. 119]).

Масштаб 1:1000000

1 – границы блоков (геодинамических систем); 2 – наименования блоков; 3 – граниты плагиомикроклиновые; 4 – гранитогнейсы, граниты порфиروبластовые; 5 – диориты, метагabbроиды (в том числе, не входящие в эрозионный срез кристаллического фундамента); 6 – гнейсы биотит-амфиболовые; 7 – гнейсы биотитовые с гранатом и кордиеритом; 8 – гнейсы биотитовые; 9 – ордовикский глинт; 10 – локальные поднятия; 11 – древние долины. «Активизированные» разрывные нарушения кристаллического фундамента: 12 – области динамического влияния разломов (а – достоверные, б – предполагаемые); 13 – региональные разломы (а – достоверные, б – предполагаемые): А – разлом Вещево – Чудово, Б – разлом Гатчина – Колпино; 14 – локальные разломы, установленные по геологическим данным; 15 – контрастные линейные малоамплитудные структуры в рельефе фундамента (по данным бурения, сейсморазведки и электроразведки); 16 – линейные трещинные зоны в карбонатной пачке ордовика; 17 – участок трассы метрополитена с осложненными горно-геологическими условиями; 18 – крупные населенные пункты Ленинградской области и пригородных районов Санкт-Петербурга; 19 – граница городской застройки Санкт-Петербурга; 20 – реки и прочие водоемы

Ленинградский блок сложен биотитовыми гнейсами с линзами метабазитов с четко выраженной северо-восточной структурной ориентировкой. Крупным элементом в границах блока является региональный разлом северо-западной ориентации Вещево – Санкт-Петербург – Чудово. Западнее Ленинградского блока расположен Ижорский блок – геодинамическая система на гранитогнейсовом фундаменте, занимающий территорию южного побережья и южной водной полосы Финского залива. Далее на западе находится Сосновоборский блок, который отделен от Ижорского разломом северо-западной ориентации. Область динамического влияния этого разлома распространена преимущественно в сторону Сосновоборского блока. Южнее Ижорского блока расположен Ропшинский блок, а еще южнее – Волосовский. Большинство блоков имеет свою, характерную только для себя, сеть тектонических нарушений, в том числе и активированных. Во время тектонической активизации каждый блок реагирует в соответствии со своей внутренней структурой и использует для разрядки напряжений наиболее близкую по направлению систему разломов.

Ядра сравнительно однородных блоков сохраняют свою стабильность, а наиболее вероятные подвижки происходят по границам блоков и по крупным региональным разломам. Смещения пород фундамента сопровождаются смещениями осадочного чехла. Характер и параметры «наведенных» дислокаций будут определять структурно-геологические особенности пород перекрывающих толщ.

При оценках влияния геоструктурных разломов на подземные сооружения было установлено, что блоки колеблются под воздействием слабых землетрясений со своей частотой колебаний [19, стр. 76-83]. Связь сбросовых и взбросовых смещений фундамента с деформациями в пластах венда установлена геофизическими и буровыми работами [30, стр. 32-35].

С начала фанерозоя тектонические напряжения литосферы проявились в структурах вращения крупных блоков и в крупных разрывных нарушениях.

В позднегерцинское (пермско-триасовое) время вращение ядер структур Балтийского щита усилилось. Движения распространились на северную часть Русской плиты, активизировались рифтогенные системы и формирование малоамплитудных пликативных структур осадочного чехла [4, стр. 42-50]. При этом не исключено существенное изменение изолирующих функций отдельными водоупорными горизонтами.

Основные структуры осадочного чехла формировались под воздействием байкальского, каледонского, герцинского и альпийского циклов орогенеза. Наиболее ярко выражено влияние последнего в неоген-четвертичное время. В это время сформировались крупные денудационно-тектонические структуры, хорошо выраженные в современном рельефе уступы (Балтийско-Ладожский глинт, Карбоновый уступ), были оформлены Ижорская возвышенность, Путиловское плато. В олигоцене территория Ленинградской области была поднята на 100-150 м, что вызвало интенсивный врез речной сети.

Геодинамические условия рассматриваемой территории определяются её размещением в зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты (флексура Полканова), что подразумевает обоюдное влияние тектонических процессов двух крупных литосферных структур на геодинамику конкретных геологических формаций.

При оценке геодинамического состояния Северо-Западного региона в целом может быть принята модель субдукции океанической плиты под континент в связи с раскрытием Палеоатлантического океана [12, стр. 25-31]. При этом в зонах Осло – Хибины и флексуре Полканова наиболее активно проявился глубинный магматизм. В процессе субдукции активировались древние зоны северо-западного простирания, что привело к формированию ортогональной системы тектонически ослабленных зон, разделяющих крупные жесткие блоки кристаллических пород. По этой модели территория сопряжения Балтийского щита и Русской плиты, в пределах которой находится Ленинградская область, имеет такие же геодинамические

характеристики, что и сейсмически активная зона Осло – Хибины. Значительно меньшее число регистрируемых на территории Российской Федерации малоамплитудных землетрясений, характерных для зоны Осло – Хибины, объясняется отсутствием регистрирующей сети сейсмических наблюдений в пределах Северо-Западного региона России. На территории Скандинавии в сети задействовано более 100 цифровых сейсмических станций [12].

Весь Северо-Западный регион находится в обстановке сжатия, и в тектонически ослабленных зонах могут возникать очаги разрядки. Последовательные тектонические события, различающиеся по времени и характеру их воздействия, сформировали достаточно сложное строение пород осадочного чехла, в том числе мощного пласта нижнекембрийских глин. В особенностях тектонического строения, естественно, нашли отражение стратиграфическое положение, литология и минерально-структурные характеристики этих пород.

Согласно данным об изучении новейших тектонических движений западной части Ленинградской области, изучаемая территория располагается вне региональных зон современной тектонической активизации и соответственно повышенной трещиноватости и проницаемости пород осадочного чехла для газовых эманаций (радон, метан, углекислый газ) и подземных вод. Тем не менее, территория приурочена к региональному блоку с высокой степенью активности современных тектонических движений. На участке между озерами Глубокое и Бабинское прослеживается обновленный на неотектоническом этапе региональный разлом северо-восточного простирания, и при рассмотрении детального структурного плана возможно выявление локальных проницаемых зон и участков, связанных с зоной динамического влияния этого разлома. Поэтому при резком, чрезмерно активном антропогенном вмешательстве в геологическую среду могут возникнуть негативные для природы заказника последствия.

Далеко не все разломы, выделяемые на геологических картах, являются активными. Оценка возраста активизации в разных странах варьирует от 5 тыс. лет до 2 млн. лет (Кузьмин, Жуков, 2004). Необходимо отметить, что древнейшие активные разломы возникли ранее 1,5 млрд. лет, амплитуды перемещений по ним достигали нескольких десятков метров в докембрии при первых десятках метров в фанерозое. В четвертичный период активные разломы частично определяли положение палеорусел доледниковой и межледниковой гидросети, контролируя и главнейшие элементы береговой линии Финского залива и русел современных и рек [43]. Разломы фундамента пролонгируются в породах осадочной дочетвертичной толщи. По разломам северо-восточного простирания (азимут $30-70^\circ$) фиксируются тектонические трещины, секущие толщу осадочных пород под углом $45-75^\circ$. По ним нередко отмечается смещение горизонтов песчаников и глин с малой амплитудой. Разломы северо-западного направления с азимутом преимущественно $290-320^\circ$ представляют зоны субвертикальных сближенных трещин, часто с зеркалами скольжения и приразломной мелкой складчатостью. Разломы северо-западного простирания моложе зон тектонических разломов северо-восточного направления, поскольку срезают последние. В узлах пересечения разнонаправленных разломов отмечается дробление коренных пород, которое приводит к повышению их проницаемости и дополнительному увлажнению отложений [23].

Основной сток древних рек в пределах Санкт-Петербургского региона в поздненеогеновое-раннечетвертичное время происходил в северо-западном и западном направлении, что коррелирует с региональными системами разломов и обуславливает наличие в подземном пространстве рассматриваемого региона погребенных речных долин. Крутизна бортов палеодолин относительно невелика, обычно в пределах $12-15^\circ$, реже 18° [16]. Палеодолины заполнены четвертичными образованиями – моренными, межморенными и озерно-ледниковыми. В области тальвегов погребенных долин кровля нижнекембрийских синих глин может прослеживаться на

глубине более 40 м, вне зон палеодолин в пределах рассматриваемой территории глубина заложения кровли глин не превышает 10 м. Погребенные долины обычно не выражены в современном рельефе, но в местах, где палеодолины пререзают толщу нижнекембрийских синих глин, перекрытых маломощным чехлом четвертичных образований (менее 10 м), отчетливо прослеживаются понижения дневной поверхности, совпадающие по ширине и протяженности с очертаниями эрозионных врезов.

Глубина вреза палеодолин в коренные глины имеет большое значение, поскольку она определяет остаточную мощность верхнего водоупора над ломоносовским и нижнекотлинским водоносными горизонтами. В тальвегах глубоких долин водоупор нижележащих горизонтов может практически отсутствовать. По мере уменьшения глубины эрозионного вреза палеодолин, возрастает степень защищенности водоносных горизонтов. Погребенные долины следует также рассматривать как зоны, где возможно перетекание подземных вод ломоносовского и нижнекотлинского (гдовского) водоносных горизонтов в вышележащие горизонты – при условии высокого положения их пьезометрической поверхности, либо нисходящей фильтрации загрязненных вод из верхних горизонтов.

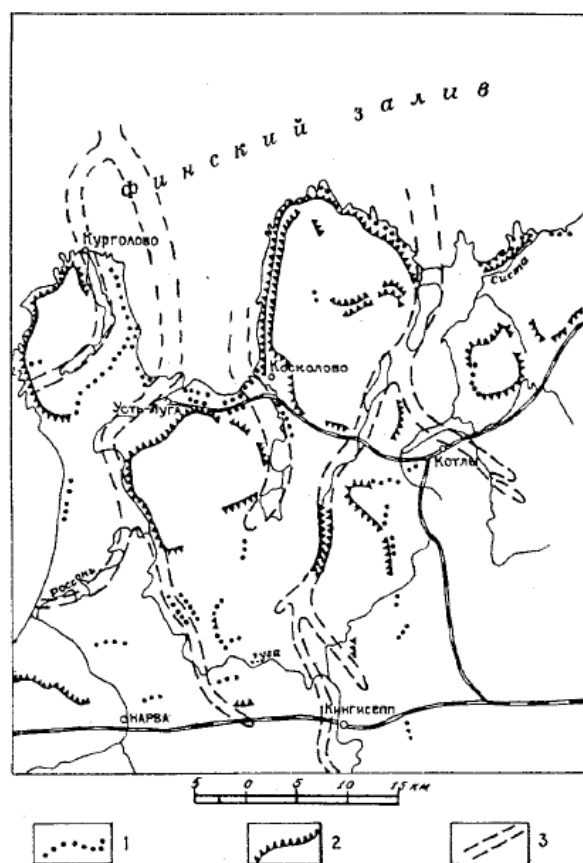


Рис. 9. Расположение береговых валов, абразионных уступов и древних долин [37, стр. 60]. Цифрами указаны: 1 - береговые валы поздне- и послеледниковых бассейнов; 2 - абразионные уступы поздне- и послеледниковых бассейнов; 3 - местоположение доледниковой эрозионной сети, выявленной буровыми и геофизическими работами.

Из схемы расположения береговых валов [43, стр.60], абразионных уступов и древних долин видно, что на нашем участке присутствуют береговые валы и абразионные уступы поздне- и послеледниковых бассейнов, а также проходит доледниковая эрозионная сеть (рис. 9).

Толща осадочных пород после своего формирования подвергалась воздействию нескольких различных по генезису тектонодинамических процессов [7, 9]:

1. Длительным даже по геологическим масштабам тектоническим фактором, со времен образования и до наших дней, являются движения по разломам кристаллического фундамента. Тектонические движения активизировались в ледниковую эпоху, во время которой происходила реакция блоков на развитие и деградацию ледниковых покровов. На

определенных этапах оледенения эти подвижки сопровождались оживлением аллювиальной деятельности, внедрением ледниковых кислородсодержащих вод в глубинные части геологических формаций, взаимодействием водной фазы с минеральным окружением и т.д.

В наше время по активным нарушениям перемещения блоков составляют от долей до 2 мм в год. Движения блоков сопровождаются образованием трещин в перекрывающих более молодых породах венда и кембрия над зонами межблоковых разломов и оперяющих эти разломы разрывными нарушениями.

2. Тектонические нарушения на участках слоистых глин создают характерное блочное строение в сравнительно однородной осадочной толще. Параметры блочной структуры зависят от нахождения глин относительно нижерасположенного разлома и от характера литологической слоистости. За время своего существования отложения прошли несколько стадий прогрессивного и регрессивного литогенеза. Сформировалась неотектоническая трещиноватость верхней части разреза, определившая зональное строение всей толщи.

3. Во время оледенений, наступлений ледниковых покровов толщиной до 2,5 км и последующих стаиваний льдов, пласты испытали мощные нагрузки, сменяющиеся возвратом к исходному литостатическому состоянию. В глинах эти процессы привели к образованию еще одной системы наложенной трещиноватости. Такое строение требует особого внимания при оценках надежности глинистых пластов в качестве водоупоров [7, 8, 9, 13].

2.1.3. Сейсмичность

Геодинамические условия рассматриваемой территории определяются её размещением в зоне сочленения Балтийского щита и Русской плиты (флексура Полканова), что подразумевает обоюдное влияние тектонических процессов двух крупных литосферных структур на геодинамику конкретных

геологических формаций. При оценке геодинамического состояния Санкт-Петербургского региона в целом принята модель субдукции океанической плиты под континент в связи с раскрытием Палеоатлантического океана. В процессе субдукции активировались древние зоны северо-западного простирания, что привело к формированию ортогональной системы тектонически ослабленных зон, разделяющих крупные жесткие блоки кристаллических пород. По этой модели территория сопряжения Балтийского щита и Русской плиты, в пределах которой находится рассматриваемый регион, имеет такие же геодинамические характеристики, что и сейсмически активная зона Осло – Хибины [1].

Северо-Западная часть Восточно-Европейской платформы характеризуется достаточно активной сейсмической деятельностью, проявляющейся, в основном, частыми, но малоамплитудными землетрясениями. Основной источник динамических воздействий – Норвежская коллизионная зона, проходящая вдоль побережья Скандинавского полуострова, где наблюдается наиболее высокая концентрация землетрясений. Аналогичные явления характерны для зоны Осло – Хибины, предположительно связанной с динамическим воздействием океанической плиты на континент [12]. Сейсмическая активность, кроме того, приурочена к региональным системам северо-западных тектонических зон.

Ленинградская область относится к благоприятной в сейсмическом отношении территории – 3,5 баллов по шкале MSK [22], а непосредственно Санкт-Петербургский регион – относится к благоприятной в сейсмическом отношении территории, которую оценивают 5 баллами по шкале MSK. Но ряд исследователей предлагают вводить повышение балльности до 6-7, что может быть выполнено только после проведения специальных исследований и реализации геодинамического мониторинга эндогенных процессов.

Санкт-Петербург занимает промежуточное положение между зоной Осмуссаарского землетрясения (Эстония) интенсивностью 6,5-7,0 баллов

(1976 год) и площадью приладожских землетрясений, которые наблюдались в 1914 году и затем в 1921-1923 гг. В начале XX века было зафиксировано 28 землетрясений в Лужском районе. Некоторые летописные и другие документы свидетельствовали о слабых землетрясениях на территории, занятой городом, еще задолго до его строительства [21].

В пределах северо-запада России зарубежными сейсмостанциями было зарегистрировано несколько тысяч землетрясений магнитудой (M) в 1-4 (т.е. интенсивностью в 1-5 баллов по шкале MSK), а записи монахов Валаамского монастыря свидетельствуют о 3-4-летней ритмичности в проявлении землетрясений силой до 2-3 баллов [20]. Зафиксированные землетрясения были приурочены к тектонически напряженной зоне (в пределах Балтийского щита), чем обусловлено их наличие и интенсивность. Помимо указанных 3-4-годовых ритмов слабой сейсмичности, специалисты Геологического института Кольского филиала РАН по результатам исследований озерных отложений установили проявление в пределах Северо-Запада России и 2000-летних ритмов повышения сейсмической активности. В пользу наличия такого ритма свидетельствует и выявление в районе Ладожского озера геологических следов землетрясения интенсивностью в 10-11 баллов по шкале MSK [20]. Принимая во внимание, что коренные породы разреза Санкт-Петербургского региона перекрыты толщей четвертичных водонасыщенных песчано-глинистых отложений, большая часть которых относится к слабым тиксотропным, либо плывунным разностям, можно прогнозировать усиление сейсмического воздействия в верхних слоях разреза, где размещается основная часть зданий и сооружений региона. Эти условия повышают опасность последствий толчков даже при землетрясении интенсивностью в 3 балла. Учитывая инженерно-геологические и гидрогеологические особенности верхней части разреза рассматриваемой территории, защита среды от «наведенной сейсмичности», которая может быть вызвана интенсификацией техногенной нагрузки на подземную среду – действием вибрационных и динамических нагрузок (вибрационного эффекта

транспортных средств, забивки свай, шпунтов, подземных взрывов и др.) [15].

2.1.4. Гидрогеологические условия

По характеру гидрогеологических условий регион представляет северо-западное крыло Ленинградского артезианского бассейна, охватывающего западную часть Московской синеклизы в пределах бассейна Балтийского моря.

На рассматриваемой территории юго-западной части Ленинградской области выделяются несколько гидрогеологических этажей и горизонтов, связанных с различными по возрасту, структуре и составу породами.

Региональная водоносность архейско-протерозойских пород кристаллического фундамента обусловлена обводнением коры выветривания и экзогенной трещиноватостью. В открытой части Балтийского щита трещинные воды проникают на глубину от 80 до 100 м.

В породах осадочного чехла выделяют два гидрогеологических этажа, разделенных водоупорными толщами вендских и нижнекембрийских глин (рис. 10, 11). Это строение нарушается на севере области в зонах выклинивания региональных водоупоров.

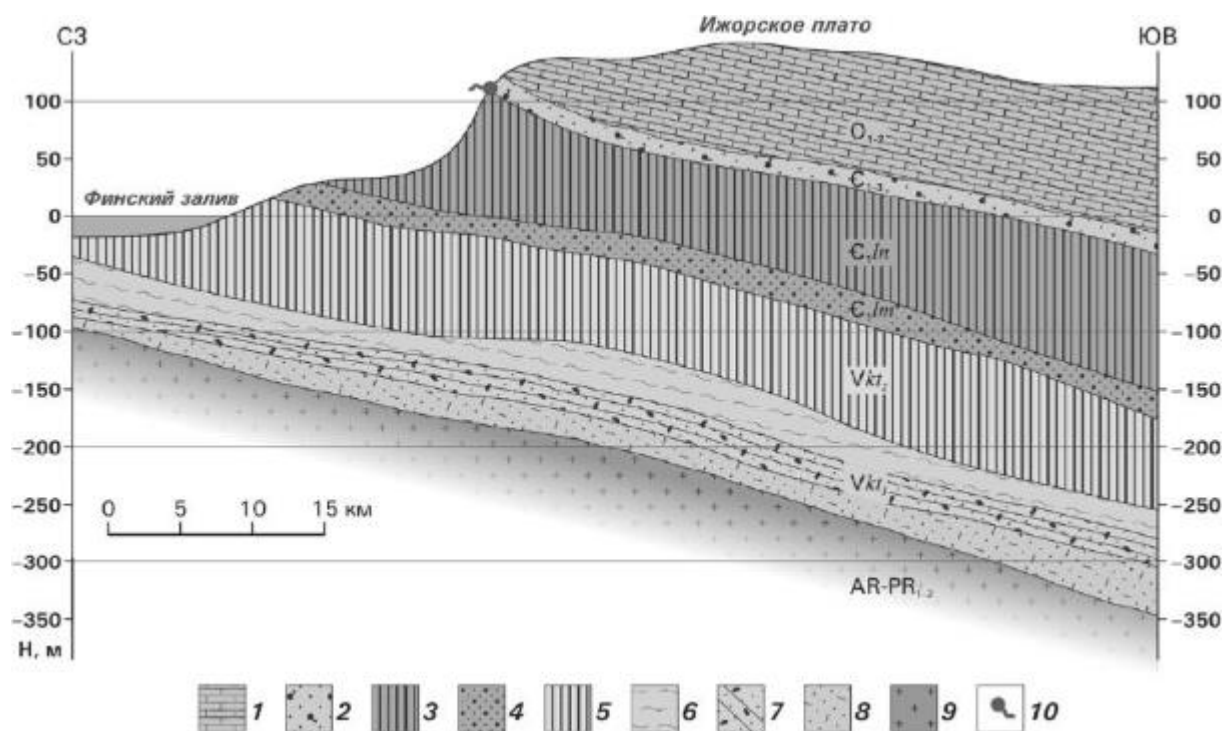


Рис. 10. Схематический гидрогеологический разрез района исследований [24, стр. 248]
 1 – водоносный горизонт ордовикских отложений; 2 – водоносный горизонт верхнего – нижнего кембрия; 3 – лонтовасская свита нижнего кембрия (водоупор); 4 – ломоносовский водоносный горизонт; 5 – верхнекотлинский горизонт венда (водоупор); 6-8 – Vkt₁:
 6 – перекрывающие водоупоры котлинского водоносного комплекса, 7 – нижнекотлинский водоносный горизонт, 8 – стрельнинский водоносный горизонт; 9 – архей – протерозойский водоносный горизонт; 10 – источник.

В нижней части осадочного чехла располагается высоконапорный нижнекотлинский горизонт венда, известный также под названием «гдовский». В 30-50 км севернее Санкт-Петербурга гдовские воды пресные, в окрестностях города минерализация повышается до 2-5 г/л. Далее на юг сумма солей в воде составляет (г/л): в Сиверской – 12, в Луге – 42, в Старой Руссе – 73, в Валдае – 180.

С севера на юг увеличиваются мощность горизонта (от 3-5 м до свыше 200 м) и глубина его залегания: на севере Курортного района – 60 м и до 190 м в Красном Селе [3, стр. 40-41].

Гдовский горизонт – один из основных эксплуатируемых водоносных горизонтов на территории Ленинградской области. Горизонт хорошо защищен глинисто-аргиллитовым водоупором вендских пород. На территории южного берега Финского залива воды нижнекотлинского

горизонта практически не используются в связи с их высокой минерализацией.

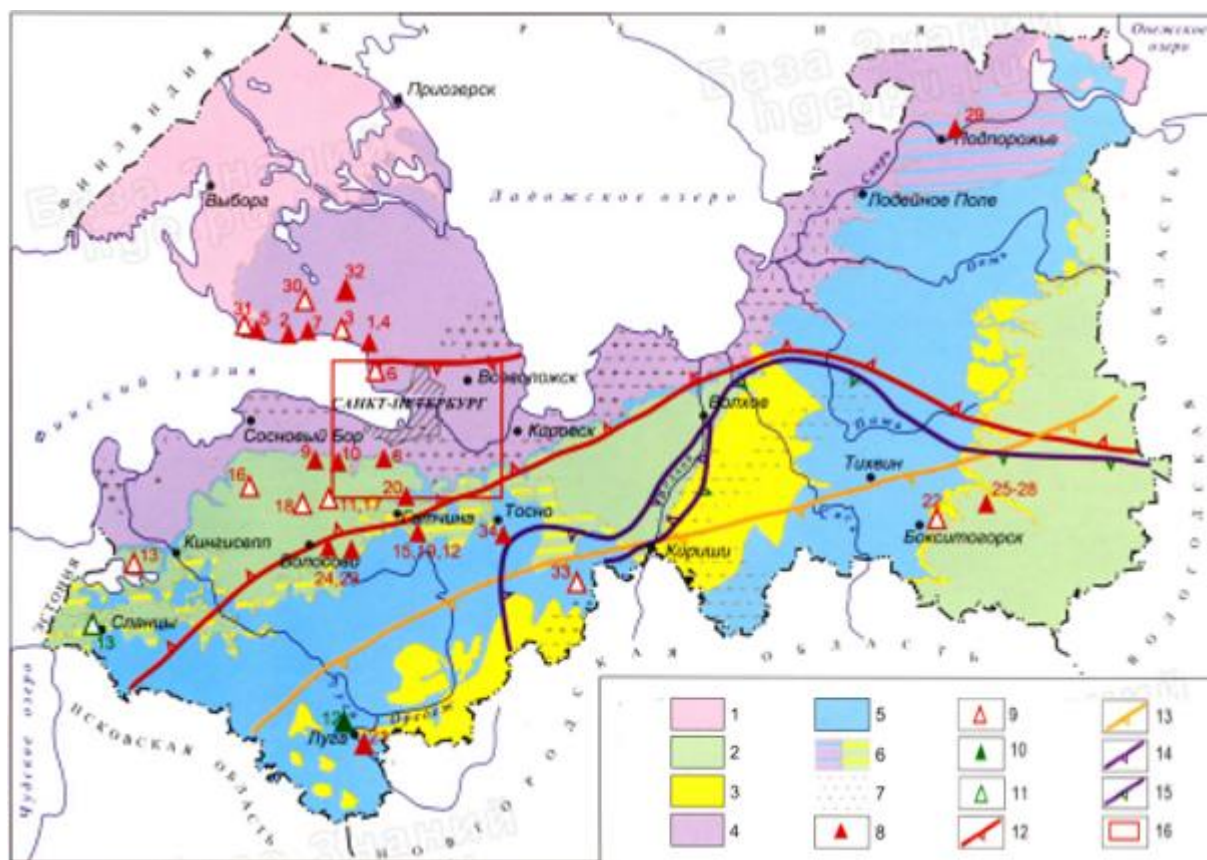


Рис. 11. Карта водоносных горизонтов Ленинградской области [14]

1-5 – преобладающие типы коллекторов подземных вод: 1 – метаморфогенный трещинный архей-протерозойский, 2 – карбонатный карстово-трещинный ордовикско-каменноугольный, 3 – терригенно-карбонатный порово-трещинный девонско-каменноугольный, 4 – терригенный порово-трещинный венд-кембрийский, 5 – терригенный поровый кембрийско-девонский; 6 – перекрытие нижележащего (основного) водоносного комплекса вышележащим; 7 – площади отсутствия пресных подземных вод; 8-9 – месторождения и участки подземных вод: 8 – освоенные, 9 – неосвоенные; 10-11 – месторождения и участки минеральных подземных вод: 10 – освоенные, 11 – неосвоенные; 12-15 – контуры распространения минеральных вод: 12 – хлоридных, 13 – сульфатных, 14 – смешанного состава, 15 – бромных рассолов; 16 – врезка на рис. 12.

Ломоносовский водоносный горизонт приурочен к пескам и слабосцементированным песчаникам нижнего отдела кембрия. Мощность горизонта – 1,5-40 м, коэффициент фильтрации варьирует от 0,2 до 5,3 м/сут. Воды преимущественно напорные, гидрокарбонатно-натриевые с минерализацией до 670 мг/л. Концентрация хлорид-ионов достигает 50 мг/л, натрия – 150 мг/л, калия – 4 мг/л. Горизонт интенсивно эксплуатируется.

По южному побережью Финского залива пьезометрическая поверхность имеет уклон в сторону залива, куда осуществляется совместная разгрузка вод ломоносовского и четвертичного горизонтов. В юго-западной части рассматриваемой территории на границе 30-километровой контролируемой зоны ЛАЭС, в районе пос. Котлы, происходит инверсия регионального фильтрационного потока, обусловленная интенсивным водозабором на скважинах ломоносовского горизонта.

В пределах исследуемого участка между ляминаритовыми отложениями и синими глинами залегает надляминаритовый водоносный горизонт. Водовмещающие породы мощностью 12-20 м представлены разнотернистыми песчаниками и песками с прослоями глин и алевролитов. Воды порово-пластовые, высоконапорные (до 140 м). Питание водоносного горизонта осуществляется в основном за счёт инфильтрации атмосферных осадков в области залегания надляминаритовых слоёв под четвертичными отложениями. Воды надляминаритового горизонта используются для водоснабжения ряда населённых пунктов (г. Кингисепп, Нарва Йыэсуу и пр.). Основные параметры горизонта представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения параметров надляминаритового водоносного горизонта (согласно [37, стр. 90]).

Параметр	Значение
Удельный дебит скважин	0,1-0,5 л/сек
Коэффициент фильтрации	0,5-4,8 м/сутки
Минерализация	0,2-0,6 г/л (пресные)
Жёсткость воды (натриево-кальциевой)	0,7-1,1 мг*экв/л

На участке водоносные горизонты залегают под водоупорными породами. Также по исследуемому участку проходит граница территорий с разной водопроницаемостью: севернее участка водопроницаемость составляет 500-100 м² в сутки, а южнее – 100-50 м² в сутки (рис.12).

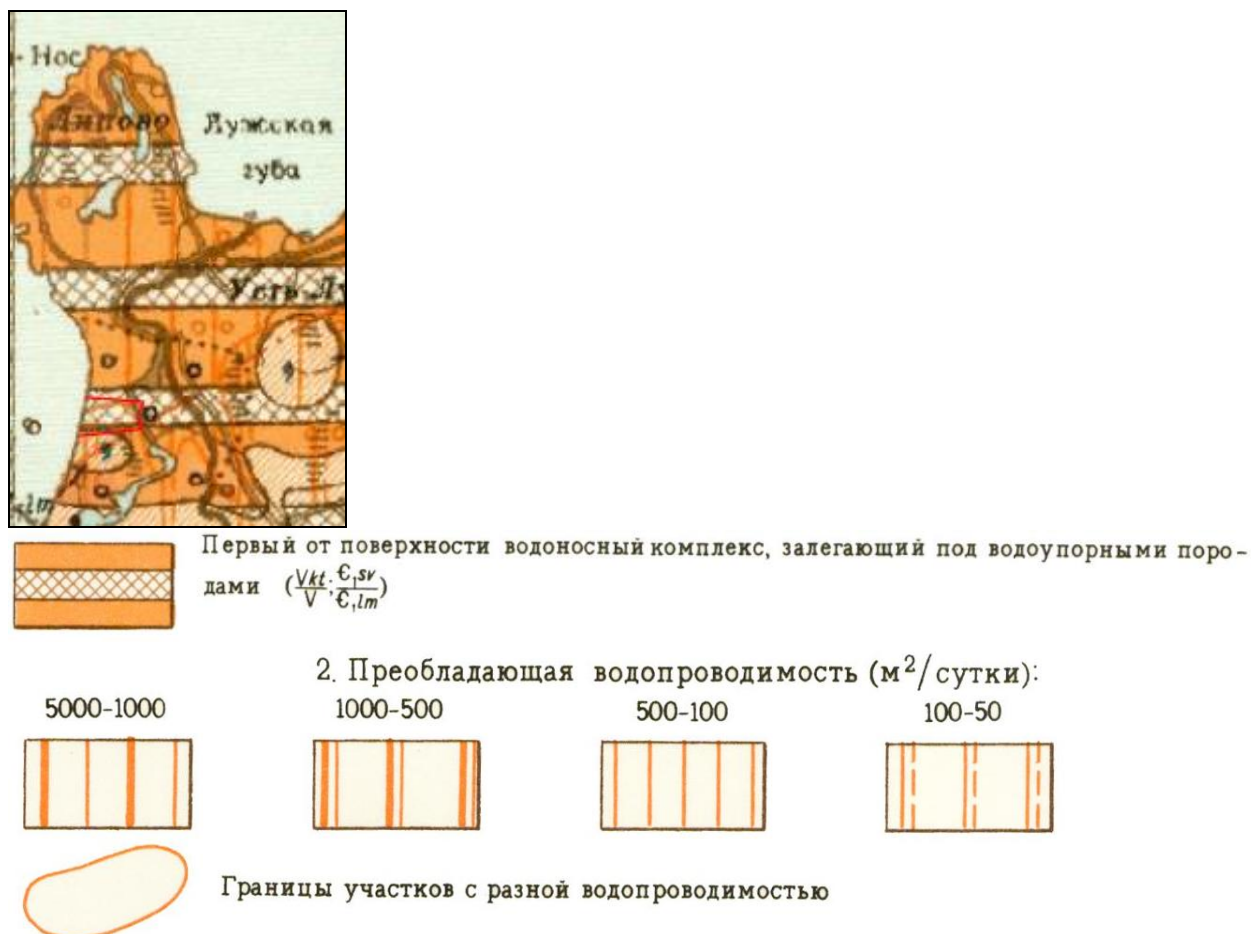


Рис. 12. Фрагмент карты подземных вод м-ба 1:1000000 (лист О - (35), 36) и легенды к ней [42].

2.1.5. Экологическая обстановка района изысканий



Рис. 13. Фрагмент эколого-географической карты Ленинградской области масштаба 1:6000000 [40].

На территории участка выявлено радиоактивное загрязнение местности, а также геомеханические нарушения, загрязнения поверхности и подземных вод, связанные с добычей полезных ископаемых (рис.13). В 1986 году после катастрофы на Чернобыльской АЭС на Кургальском полуострове возникли две больших зоны радиоактивного загрязнения цезием-137. Зоны имеют плотность радиоактивного загрязнения от 1 до 5 Ки/км². Одно пятно радионуклидов легло на побережье Нарвского залива (на рис. 13 отмечено цифрой 1), второе накрыло поселок Усть-Лугу (на рис. 14 отмечено цифрой 2). Также авторы эколого-географической карты Ленинградской области (рис. 13) отмечают напряжённое экологическое состояние земной поверхности, связанное с результатами человеческой деятельности. Прокладывая газопровод через исследуемый участок на Кургальском острове, следует учитывать, что маршрут пройдёт через Кургальский заказник (рис. 14), что неизбежно приведёт к его изменениям.



Рис. 14. Карта территории Кургальского заказника [41].

Побережье Кургальского полуострова с прилегающей зоной мелководий является одной из важнейших в регионе миграционных стоянок

водоплавающих и околоводных птиц на их пути с мест зимовок в Западной Европе и Африке в районы гнездования на севере Евразии и обратно. Объектами особой охраны в заказнике являются разнообразные приморские и морские природные комплексы, болотные массивы, а также старовозрастные леса, в том числе редкие на территории Ленинградской области широколиственные леса. Также на территории заказника наблюдаются летние и осенние залежки серых тюленей и кольчатых нерп на каменистых рифах. Обитающие на Балтике подвиды этих тюленей занесены в Красные книги Российской Федерации и Ленинградской области. Эти животные чувствительны к малейшему беспокойству [48].

2.2. Геоморфологические условия исследуемого участка

2.2.1. Рельеф поверхности дочетвертичных отложений и земной поверхности

Как уже было сказано, участок расположен в пределах Предглинтовой низины, абсолютная высота которой в основном ниже нулевой (до -50 м). В пределах низины можно выделить несколько плоских эрозионных останцов (Курголовский, Куровицкий, Крикковский и др.) и террас с относительной высотой до 20-30 м, разделённых древними долинами. Как видно из схематической карты рельефа поверхности дочетвертичных отложений [43, стр.58], абсолютная высота этого рельефа в пределах исследуемого участка находится ниже нулевой абсолютной высоты и составляет примерно -60 метров (рис. 9).

Рельеф современной поверхности. На Кургальском полуострове развит такой тип ледникового рельефа, как *моренные равнины*. Абсолютные высоты на равнинах колеблются от 20 до 136 м, а относительные - в пределах 2-6 м. В Предглинтовой низменности поверхность равнин волнистая и нередко заболоченная. Западнее реки Луги развиты *озёрно-ледниковые абразионные равнины*, сложенные с поверхности размытой мореной. Их рельеф сглаженно-волнистый со значительным количеством валунов

кристаллических пород на поверхности. В пределах Принаравской низины пользуются развитием *эоловые формы рельефа*, представленные донными грядами и сильно перевейными морскими и озёрно-ледниковыми береговыми валами и косами. Большинство *донных гряд* на озёрно-ледниковых аккумулятивных равнинах имеют относительную высоту до 3, 5 м при ширине в несколько десятков метров. Площади вдоль всего побережья Финского залива занимают *дюны*, расположенные на морской аккумулятивной равнине. Местами они образуют сплошные массивы и достигают значительной относительной высоты - до 25 м (западнее рек Мертвица и Россонь). Гряды имеют асимметричные склоны (крутизна склонов, обращённых к морю, 2-8 градусов, в противоположную сторону - 10-15 градусов). В участках долины реки Луги наблюдаются *старицы*, процесс их образования и выработка русел продолжается и в настоящее время, что подтверждается бифуркацией р. Луги, которая через реки Мертвицу и Россонь соединяется с Нарвой. Также широкую полосу (до 15 км) в западной части района образуют *морские аккумулятивные равнины*, абсолютная высота которых увеличивается в северо-западном направлении от 6 до 15 метров.

С помощью картографических данных ресурса Google Maps и программы QGIS (Quantum GIS) я создала гипсометрическую карту участка на Кургальском полуострове (рис.15), используя такие средства передачи рельефа, как горизонтали и послойная окраска в ступенчатой шкале (чем более светлая окраска, тем выше). Эта карта является предварительной, так как данные о высотах получены с помощью дистанционного зондирования Земли и являются неточными. Опираясь на эту карту, можно заметить чередование возвышенных участков и низин и подтвердить ранее высказанный тезис о волнообразности рельефа равнин в Предглинтовой низменности.

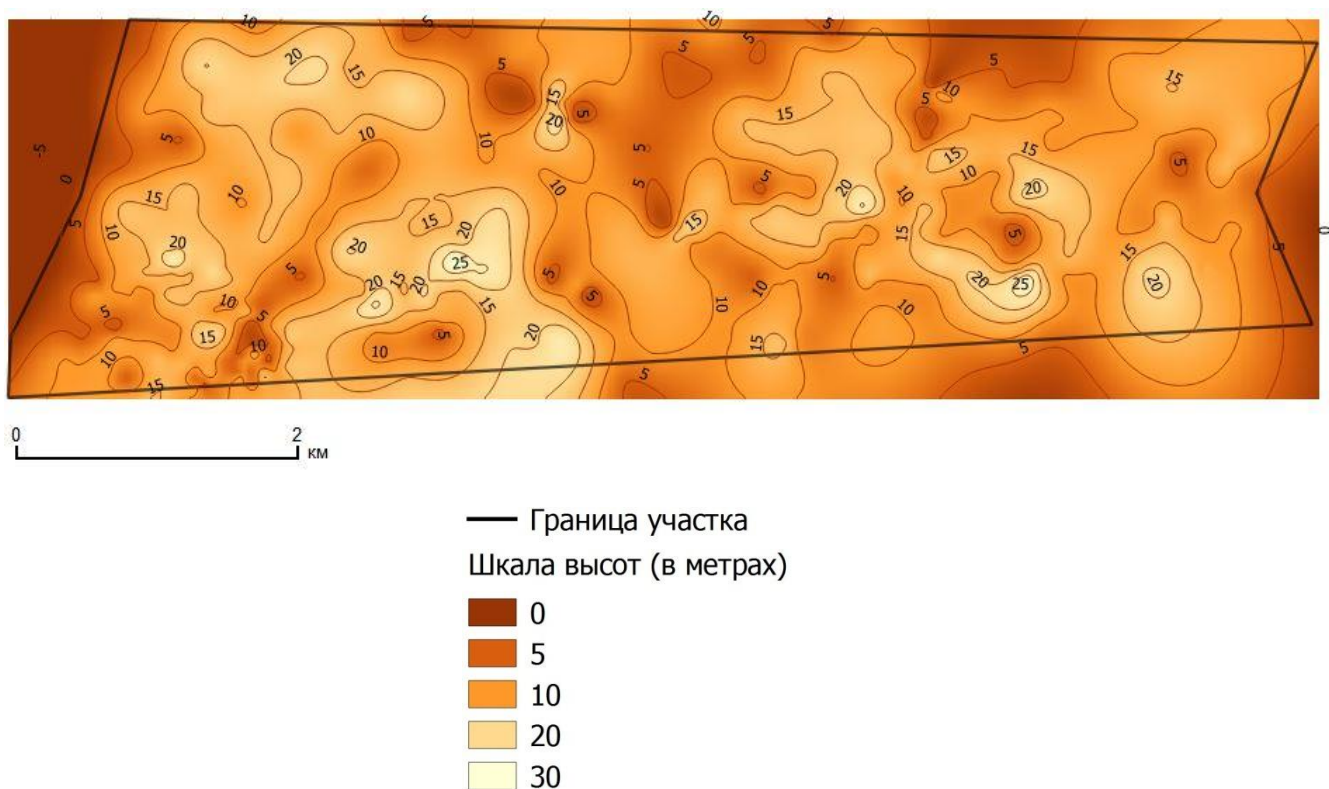


Рис. 15. Гипсометрическая карта участка, расположенного на юго-западе Кургальского полуострова

2.2.2. Общая геоморфологическая характеристика

Исследуемый участок расположен в Кингисеппском районе Ленинградской области в юго-западной части Кургальского полуострова.

Особенности геоморфологического строения территории Кургальского полуострова определяются рельефом поверхности дочетвертичных пород, основные черты которого сформировались в период от среднего девона до плиоцена. В четвертичный период он был частично изменен под влиянием процессов ледниковой и морской аккумуляции, экзарации, абразии, эрозии современных рек, торфообразования и новейших тектонических движений.

Главными морфологическими элементами дочетвертичной (погребенной) поверхности являются:

Венд-Кембрийская (Предглинтовая) низина, глубоко расчлененная древними долинами преимущественно субмеридионального простирания.

Наибольший врез - до 128,5 м установлен у долины, к которой приурочены озёра Бабинское, Глубокое, Копанское;

Балтийско-Ладожский уступ (глинт), соответствующий границе выхода на поверхность кембрийских и ордовикских отложений;

Ордовикское плато, представляющее собой плоскую возвышенную равнину с абсолютными отметками поверхности от 50 до 150 м.

Северная оконечность Кургальского полуострова на 12 км выдается в Финский залив и продолжается комплексом каменных луд, островов и отмелей Кургальского Рифа (в других источниках Курголовская Рейна или Рейма) еще на 16 км в направлении острова Мощный. В геоморфологическом отношении полуостров Кургальский относится к Лужско-Нарвскому району Балтийско-Ладожской области Проксимальной зоны и представляет собой слабоволнистую равнину с рядом террас эрозионного или абразивного происхождения и крутыми уступами до 17-ти м. высотой. Максимальная абсолютная высота 43 м в пределах полуострова прослеживается на горе Городок вблизи дер. Конново, представляющей собой камовый холм. Преобладающие высоты полуострова - 16-26 м, а минимальные высоты наблюдаются в пределах приморской равнины - 0-5 м.

Сам Кургальский полуостров представляет собой равнинную, слабо волнистую территорию, бóльшую часть которой занимает Курголовское плато, сложенное моренными отложениями последнего оледенения, с абсолютными высотами 18-25 метров, обрывающееся уступами к Финскому заливу, а также в направлении Лужско-Нарвской низменности.

Исследуемый участок находится в западной части полуострова и не затрагивает район плато. Характерными элементами рельефа для данной части Кургальского полуострова являются разнообразные формы ледниковой и водноледниковой аккумуляции. Эта часть полуострова занята морскими аккумулятивными равнинами. Террасы нередко, в западной части полуострова, ограничены крутыми уступами (до 20 м высотой) абразионного происхождения. Уступы местами прорезаны глубокими эрозионными

врезами ручьев - “каньонами”. В пределах наиболее низкой приморской Лимнеево-Литориновой террасы, которая наблюдается на изучаемом участке, абсолютные высоты не превышают 7 м. Параллельно побережью Нарвского залива тянется цепь древних дюн высотой до 32 м, по северному и восточному побережью полуострова - пологие современные дюны в комплексе с береговыми валами.

На побережье выше уровня моря развита террасированная равнина с наложенным рельефом динамической аккумуляции в виде пляжей, береговых валов и дюн. В рельефе четко выражены две морские литориновые террасы, бровки которых находятся на высотах около 10 и 30 м. На берегу Нарвского залива на западном побережье Кургальского полуострова в рельефе выражен тыловой шов литориновой террасы, располагающийся на абсолютных отметках +9...+10 м.

Нижняя терраса южного побережья Финского залива в пределах всего Кургальского полуострова сложена протерозойскими отложениями и лишь на юге полуострова - палеозойскими глинами, перекрытыми морскими плейстоценовыми отложениями - валунистыми суглинками переработанных морем морен, местами ленточными глинами и песками. Терраса слегка наклонена к морю.

В целом в прибрежье Кургальского полуострова наблюдается чередование различных типов донных осадков, что характерно для морей, испытавших в четвертичное время оледенение. В Нарвском заливе донные отложения сложены исключительно песками. Лишь в районе Кургальского рифа особенности рельефа и активные течения обуславливают сложное распределение осадков: здесь большая часть поверхности дна в пределах 5-ти метровой изобаты покрыта валунно-галечными грунтами, в межгрядовых пространствах дно покрыто гравием и плохо сортированными крупно-грубозернистыми песками. На берегу исследуемого участка встречаются битые ракушки (рис. 16).

Берег залива в основном отлогий с песчаными дюнами и береговыми валами (рис. 17). У самого берега мелкие пески, здесь можно увидеть живописные «белые» дюны, поросшие соснами, на юго-западе Кургальского полуострова (рис. 18).



Рис. 16. пляж на берегу Нарвского залива. Сложен мелкозернистым песком, сортированным, светло-серым с темными разводами на поверхности (осажденный ил) с вкраплениями битого ракушечника (0,5 – 1 см).



Рис. 17. пляж, поросший тростником высотой до 1,5 м. Угол падения поверхности пляжа 3°. Сложен мелкозернистым песком, светло-серым, с темными разводами ила и меньшим количеством ракушек.



Рис. 18. Прибрежный сосняк, высокобонитетный, на первом береговом валу. Высота сосен 30-50 м, диаметр 25-35 см. Сосняк хвоево-зеленомошный с куртинами сфагнома и злаков. Богатый подрост сосны и ели до 4-5 м высотой. Поверхность слабонаклонная (3°).

В пределах Кургальского полуострова сформирован особый рельеф, обусловленный Кургаловским плато, спускающимся к морю ступенями, также служившими берегами древнему Литориновому морю.

В строении поверхности современного рельефа преобладают различные морфогенетические типы аккумулятивных равнин, среди которых выделяются морские, озерно-ледниковые, ледниковые и болотные равнины. В центральной части Кургаловского плато отмечаются моренные гряды. Ледниковый тип рельефа представлен холмисто-моренной равниной, развитой западнее озера Копанское на абсолютных отметках выше 60 м. Для него характерно чередование разно ориентированных пологосклонных холмов высотой до 20 м.

Водно-ледниковые волнистые равнины, относящиеся к зандровому типу, развиты, в основном, по склонам камовых массивов, расположенных к западу и востоку от озера Глубокое. Они залегают на абсолютных отметках выше 40 м при относительных высотах 2-3 м. В юго-западной части и вблизи горы Городок значительные (десятки км²) площади занимают камовые образования. Камовый рельеф развит на абсолютных высотах от 45 до 75 м. Камы наблюдаются в виде беспорядочно ориентированных холмов высотой до 25 м с пологими склонами, разделенных замкнутыми котловинами.

Озера Липовское и Белое окружены озерными равнинами.

Значительную площадь полуострова занимают болота, в основном верховые и переходные. В целом озера и болота занимают 20% от площади Кургальского полуострова. На территории Кургальского полуострова имеется три болотных комплекса:

- 1) болото Большое - комплекс из нескольких торфяников глубиной 2-2,5 м, отделенных друг от друга невысокими грядами моренного происхождения;
- 2) грядово-мочажинный комплекс болота Каянсуо;
- 3) грядово-озерковый комплекс болота Кадер.

Непосредственно примыкающее к южной части изучаемого участка, грядово-озерковое верховое болото Кадер, расположенное в котловине в северо-западной части Лужско-Нарвской низменности (площадь 9 км²), представляет для нас значительный интерес (рис. 19).

Практически все болота на Кургальском полуострове подверглись мелиорации, хотя в настоящее время мелиоративные системы не функционируют. Изменения в растительности, связанные с мелиорацией, небольшие и лишь вблизи отводных канав и имеют тенденцию к затуханию. Встречаются такие канавы и на изучаемом участке.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф представлен речными долинами, для которых характерно меандрирование русла, наличие стариц, ящикообразный поперечный профиль.

В современном рельефе Ордовикского плато преобладают ледниковые равнины.

Подземные напорные воды располагаются на глубине более 400 м и имеют повышенную минерализацию (более 20 г/л). В четвертичных отложениях водоносные пласты встречаются между моренными горизонтами различного возраста. Уровень грунтовых вод располагается на глубинах 1- 10 м.



Рис. 19. Край верхового болота Кадер (Координаты 59,31,40,0348; 28,09,41,1100). Край верхового болота с низкорослой, редкой, рямистой сосной, высотой 3-5 м. Много погибших деревьев. Живой лишь подрост возрастом до 5 лет, высотой до 30 см. Бугорково-мочажинное болото. Бугорки диаметром 0,6-0,8 метров и высотой до 30 см. Доминируют сфагнумы (60% - сфагнум атлантикум, красный), есть багульник, осоки, пушица, реже вереск. Мощность торфа 1м. В мочажинах вода на поверхности.

Геоморфологическое строение участка работ отражено на рис. 20. Карта составлена в соответствии с требованиями Методического руководства по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты РФ м-ба 1 : 1 000 000 (третьего поколения) (2009). Картографирование осуществляется по аналитическому принципу, при котором рельеф земной поверхности подразделяется на генетически однородные поверхности. Геоморфологическая схема отражает происхождение рельефа, его морфологию, возраст (длительность формирования), связь рельефа с геологическим строением и неотектоническими движениями земной коры.

Рельеф местности плоский волнистый с уклоном в западной части участка к Нарвскому заливу, а в восточной части – к долине р. Мертвицы. Преобладающие отметки 5-10 м. В пределах участка встречается рельеф, сильно выровненный водами предыдущих морей и последующими внешними факторами, связанных с различного вида выветриванием, а также подвергнувшийся техногенному воздействию.

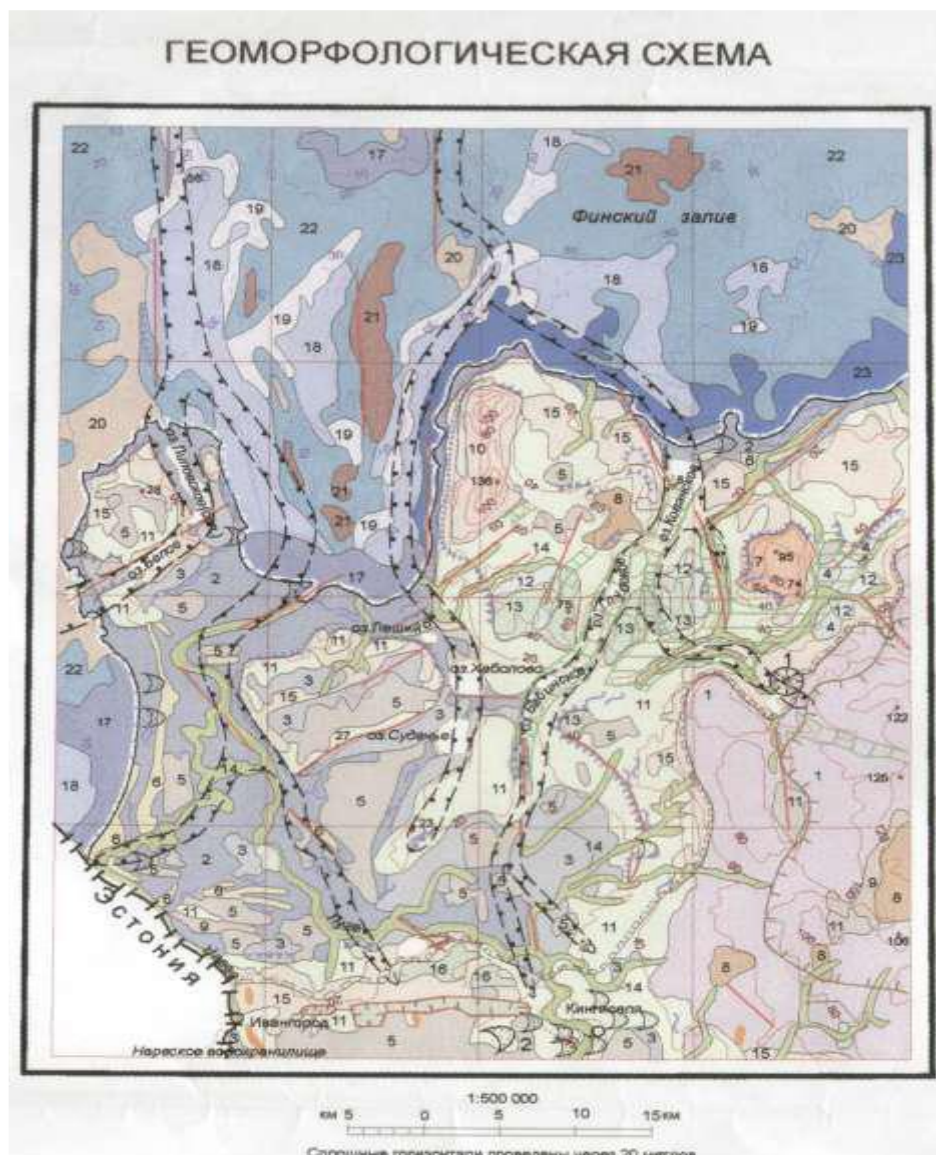


Рис 20. Геоморфологическая схема к Листу О-35-V Государственной геологической карты Российской Федерации). Масштаб 1:500 000

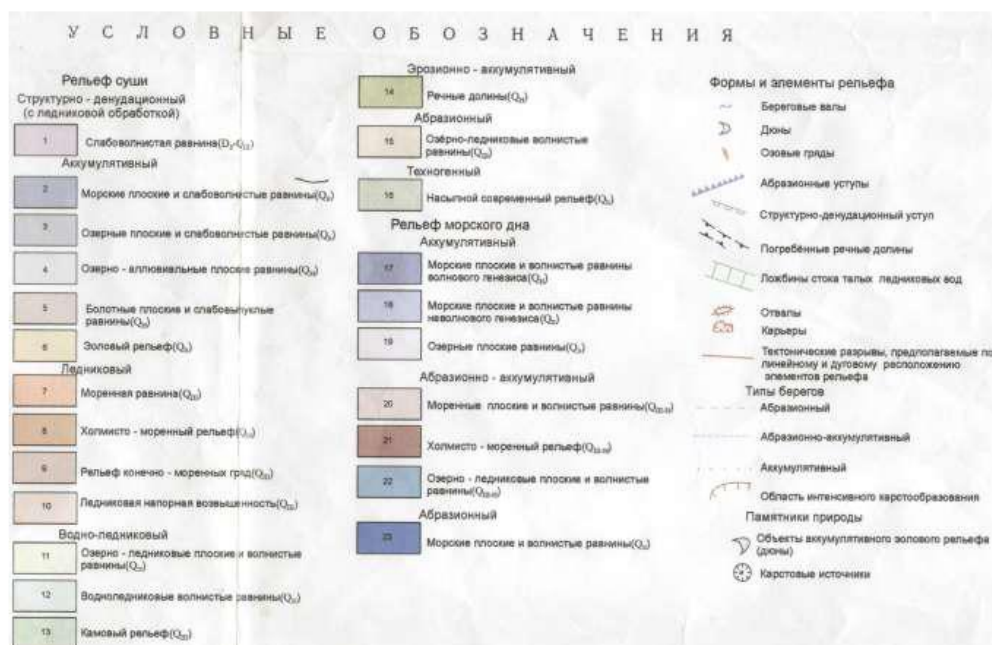


Рис 20. Условные обозначения к геоморфологической схеме

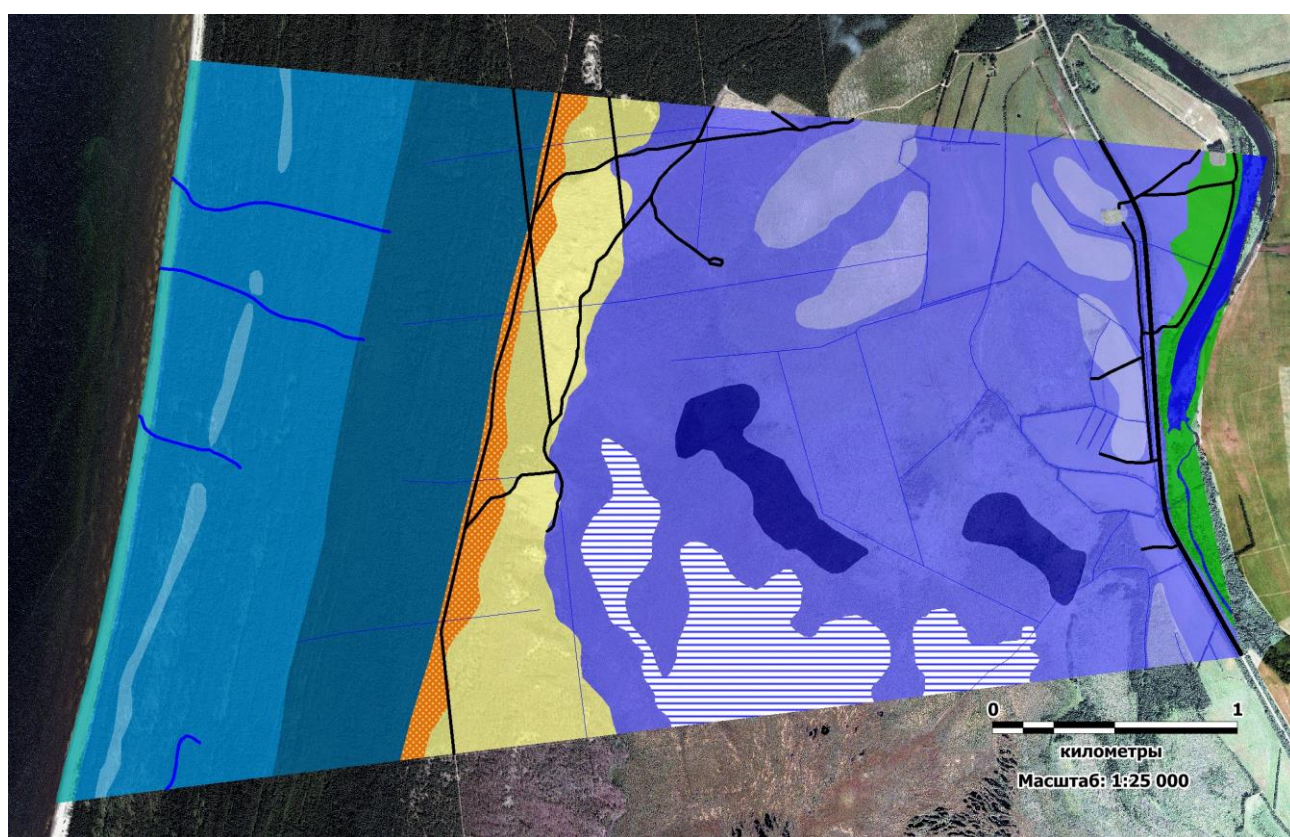
В таблице 3 отображены типы и подтипы (формы) рельефа исследуемого участка на Кургальском полуострове. Геоморфологическая карта Кургальского участка, составленная по результатам полевых изысканий и дешифрирования космоснимков с использованием топографической основы приводится на рис. 21.

Таблица № 3.

Типы и подтипы (формы) рельефа исследуемого участка на Кургальском полуострове

№	индекс	тип (формы) рельефа	Абсолютные высоты, м.
1	2	3	4
1	mH ² lt	поверхность слабонаклонной морской литориновой равнины	7-10
2	mH ² lt	относительные повышения на поверхности слабонаклонной морской литориновой равнины	10-12
3	mH ² lt	относительные замкнутые подболоченные понижения на поверхности слабонаклонной морской литориновой равнины	4-7
4	vH ²⁻³	дюны, образующие Литориновый вал	18-32
5	dcH	уступ высокой литориновой морской равнины	8-18
6	mH ³ lm	волнистая поверхность слабонаклонной морской равнины Лимнеа	3-6
7	mH ² lt	поверхность слабонаклонной подболоченной низкой морской литориновой равнины	6-8
8	mH ³⁻⁴ lm-m	береговые валы	3-7
9	mH ⁴ m	современный пляж	0-3
10	plH	верховые болота	4-6

11	aH	долины рек	0,3-5
12	aH ⁴	русла рек	0,3
13	tH ⁴	техногенные положительные формы - дороги	
14	tH ⁴	техногенные отрицательные формы – обводные канавы	
15	tH ₄	техногенные положительные формы - изометричные насыпные возвышенности	



- береговые валы
- верховые болота
- волнистая поверхность слабонаклонной морской равнины
- долины рек
- дюны, образующие литориновый вал
- относительные замкнутые подболоченные понижения на поверхности слабонаклонной морской литориновой равнины
- относительные повышения на поверхности слабонаклонной морской литориновой равнины
- поверхность слабонаклонной морской литориновой равнины

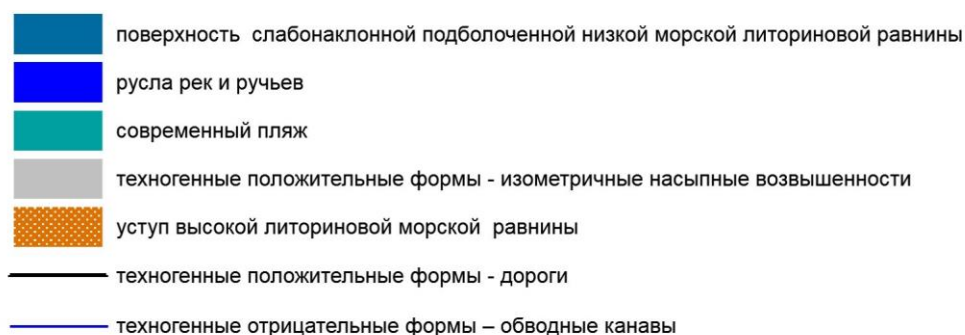


Рис. 21. Геоморфологическая карта Кургальского участка.

2.2.3. Абсолютные отметки и относительные высоты.

Максимальная абсолютная высота в пределах исследуемой территории – 32,2 м (в южной части участка на гряде дюн). Вся западная часть после пляжа до уступа морской террасы находится в пределах высот около 5,0 м (от 3,0 до 8,0 м), характеризуется волнистой поверхностью с чередованием поднятий и опусканий через 150-200 м с превышениями в пределах 1,5 м.

Её поверхность лишь на небольшом удалении от берега (до 500 м) осложнена береговыми валами высотой 5-7 м, поросшими высокобонитетными сосновыми лесами с примесью ели и березы (рис. 25). Предположительно это поверхность слабонаклонной подболоченной морской равнины Лимнеа (mH³lm) и низкой литориновой террасы. На рисунке 22 изображен профиль через низкие морские террасы от уреза Финского залива.

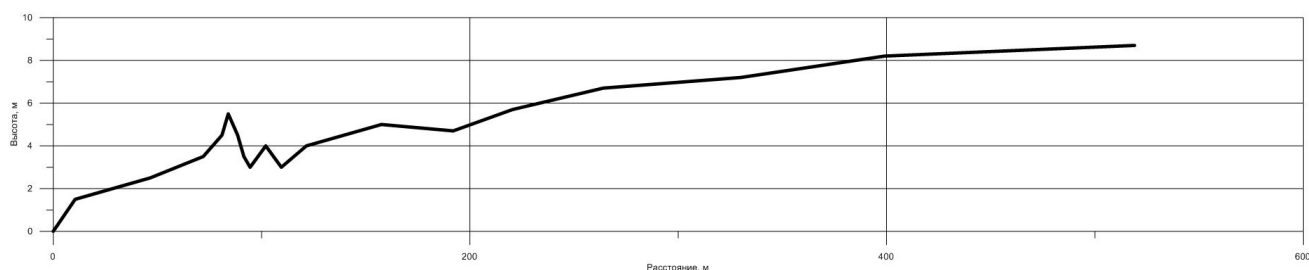


Рис. 22. Профиль через низкие морские террасы с запада на восток от уреза Финского залива.



Рис. 23. Береговой вал высотой 4 м. Крутизна склонов вала 35-40°. Сложен песками мелкозернистыми, сортированными, светло-коричневыми, рыхлыми.

За низкой морской равниной следует крутой уступ литориновой террасы (местное топонимическое название – Литориновый вал). Сам Литориновый вал высотой до 25 м (абс. высота до 32, 2), в северной части более узкий (до 300 м), расширяется к югу участка (до 600 м), где и достигает максимальной высоты. Литориновый вал представляет собой древний береговой вал, образованный сочетанием дюнных гряд. В пределах участка вал образован 3-5 параллельными грядами (эллипсовидными дюнами). Простираение эллипсовидных дюн высотой до 12-15 метров северо-северо-восточное, а вала в целом - почти северное (азимут 10°) (рис. 24).



Рис. 24. Вершина дюны. Азимут дюнной гряды 10°. Средняя гряда разделена на овалообразные отдельности длиной до 150 м и шириной до 50 м. Дюны покрыты редкостоящими соснами. Напочвенный покров почти отсутствует (менее 10 %); встречаются редко брусника, зеленые мхи, лишайники.



Рис. 25. Волнисто-грядовая поверхность верхней морской литориновой равнины, занятая сельхозугодьями. Растительность злаковая. Следы борозд, расстояние между грядами 1,5-2 м, азимут простирания 10°. Угодья разделены

сосново-березовыми лесополосами в понижениях. Диаметр деревьев 10-15 см, высота 12-15 м.



Рис. 26. Вырубки на поверхности верхней морской литориновой равнины. Слева более молодая вырубка. Подрост сосны высотой 0,5-1 м, максимум 2 м, возрастом 4-8 лет. С примесью редкостоящих берез. Травяно-моховый покров формируют зеленые мхи с пятнами лишайников, куртинами брусники и багульника. Справа – более старая вырубка. Возраст 10-15 лет, высота до 3 м, диаметр 5 см.



Рис. 27. Возвышенные грядоподобные участки верхней морской литориновой террасы. (Координаты: N59°33'39,79"; E28°09'08,21"). Сосняк зеленомошный осоково-

кустарничковый в пределах относительно возвышенной части (превышение до 2,0 м). Высота сосны 25 м, диаметр ствола 25 см. В понижениях береза, на почве куртины сфагнома, грушанки, хвои. Расстояние между грядоподобными возвышенностями 20-25 м, азимут гряд - 20°.

Далее следует слабонаклонная в сторону р. Мертвицы слабоволнистая поверхность морской литориновой равнины (mH²lt).

В южной части участка в её понижениях (ниже 6 м) сформировались плоские или слабовыпуклые верховые болота с максимальной мощностью торфа более 2 м. В наиболее обводненной части болота ярко выражен грядово-мочажинно-озерковый комплекс с системой вытянутых озер и ориентированный, как и гряды, почти на север (азимут 10-15°).

Большая часть поверхности равнины в пределах участка занята сельскохозяйственными угодьями (рис. 25) и разновозрастными (от 5 до 20-летних) вырубками (рис. 26) (возможно, лесопосадками на месте пожарищ).

На относительно возвышенных, вытянутых в северном направлении, участках произрастают елово-сосновые леса с примесью березы (рисунок 27).

2.2.4. Речная сеть.

В качестве восточной и южной границ полуострова принято нижнее течение реки Луга и ее притока реки Россонь. На юго-западе полуострова Россонь впадает в р. Нарва (Нарова) в 1,5 км от ее устья. Это типично равнинные реки медленным спокойным течением (0,1- 0,2 м/с). Притоки рек Луга и Нарва (реки Россонь, Выбья и Мертвица) образуют в пределах Кургальского полуострова ряд островов. Реки Россонь и Мертвица меняют направление своего течения в зависимости от величины стока рек Луга и Нарва. Интенсивная выработка поймы и меандрообразование реки Россонь также связаны с указанными изменениями направления течения. Водная система Луга – Россонь - Нарва не имеет аналогов на побережье Балтийского моря.



Рис. 28. Русло реки Мертвицы. (Координаты 59,32,35,63223; 28,09,49,36959). Высота 1 м над урезом воды. Берега относительно крутые, до 1 м высотой. Ширина реки 8-10 м. Глубина до 1,5 м. Видимое течение. Вода высокая, вдоль русла растет ольха.

В самой восточной части исследуемого участка протекает р. Мертвица, сильно меандрирующая, с песчаным руслом меняющей ширины. Столь разные по строению участки русла образовались в связи с наличием в данном месте русла «пра-Нарвы» (см. рис. 9). Само русло Мертвицы врезано в поверхность морской равнины, о чем свидетельствуют 3-х метровые обрывы по её берегам, а широкая пойма с высотами 3-5 м – реликт «пра-Нарвы». В пределах изучаемого участка ширина русла р. Мертвицы меняется от узкого – 6-8 м и глубиной 2,1 м (рис. 28) до широкого – 120 м и глубиной 1,5 м с песчаным дном. Берега реки везде обрывистые, лишь высота обрывов уменьшается с 3-4 м до 2 м.

Река Россонь рядом с изучаемым участком имеет ширину 57 м при глубине 2 м с обрывистыми берегами высотой до 2-3 м. Урез воды расположен на высоте 0,3 м.

В пределах участка есть сеть мелиоративных канав, шириной до 4-5 м, глубиной до 1,0-2,1 м и торфянистым дном. Урез воды в канавах, расположенных, что на правобережье р. Мертвицы, что на левобережье, приурочен к высотам 4,1-4,4 м.

Речная сеть на территории развита слабо и представляет собой систему мелких ручьев, обеспечивающих сток поверхностных вод в озера Липовское и Белое, а также в Лужскую губу и Нарвский залив.

2.2.5. Преобладающие крутизна и длина склонов. Профилирование участка.

Подавляющая часть профиля предполагаемой трассы проходит в пределах двух (нижнего и верхнего) выровненных, плоских участков, с уклонами менее 2° . Лишь при переходе на более высокий гипсометрический уровень верхней литориновой террасы трасса пересекает склон, чья высота достигает 17 м (максимально – до 22 м) на 400 м длины склона. Склоны относительно крутые – до $13-14^{\circ}$. Ширина их колеблется от 300 до 500 метров. Склоны прямые или слабовыпуклые в профиле, что свидетельствует об их молодости и слабом развитии делювиальных процессов в условиях наличия напочвенного покрова.

На рисунке 29 изображен профиль через уступ литориновой террасы и Литориновый вал.

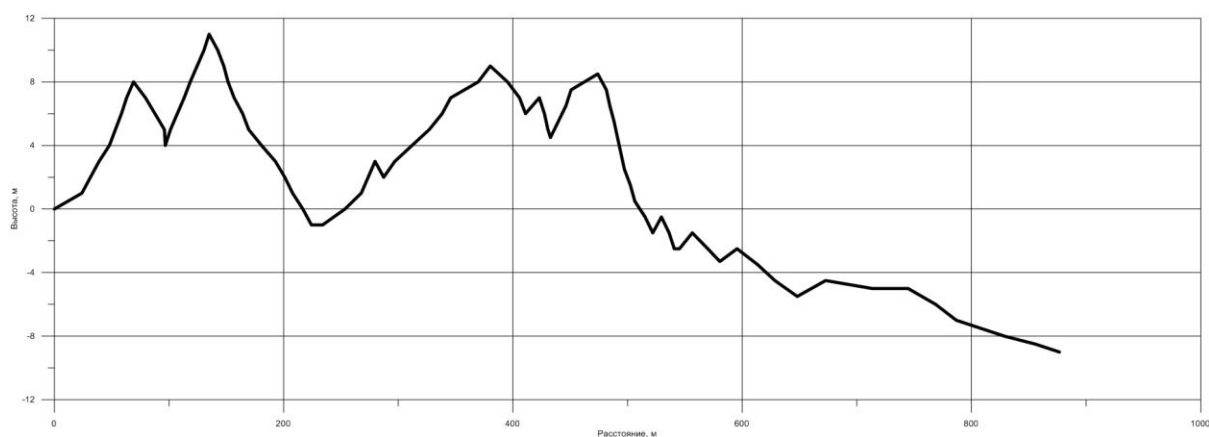


Рис. 29. Профиль с востока на запад через Литориновый вал и уступ Литориновой террасы.

К краю морской литориновой равнины приурочена дюнная гряда, состоящая из четырех цепочек дюн. Их склоны имеют высоту до 8-12 м, а крутизна склонов достигает максимальных наблюдаемых значений - 46° . Сложнопересечённый рельеф дюнных гряд принуждает рекомендовать проведение будущей трассы по центру участка в месте понижения дюнной гряды, которое отмечено на карте место спуска вниз грунтовой дороги к урочищу Вяйке-Ропсу. Здесь строение дюнной гряды не столь сложно, а сами они заметно положе и ниже.

Значительные уклоны характерны для склонов при пересечении долины р. Мертвицы: борта долины имеют высоту до 6 м на 80-100 длины склона на западном борту долины при крутизне 16° . Также исключениями являются береговые уступы р. Мертвицы, высотой до 3 м. Встречаются прирусловые валы высотой до 1,5 м (рис. 31).

На рисунке 30 изображен профиль через правую часть долины р. Мертвицы.

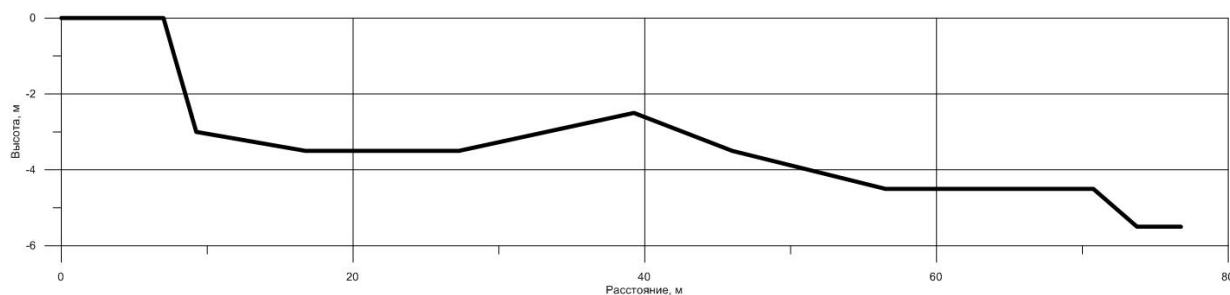


Рис. 30. Профиль через правую часть долины р. Мертвицы с запада на восток.



Рис. 31. Прирусловой вал на высокой пойменной террасе р. Мертвицы высотой 1,5 м. Произрастает ольшаник мертвopoкpoвный с отдельными куртинами трав, покрывающих не более 10% поверхности.

Значительную крутизну имеют склоны небольших береговых валов, примыкающих к пляжу: небольшой уступ, высотой до 2 м и шириной до 20 м, ограничивающий вал, с крутизной склонов 10-12°.

Такое внимание к крутизне склонов изучаемого участка вполне объяснимо, ибо это важнейший параметр оценки инженерно-геологических условий района будущего строительство ГТС (газотранспортной системы).

Глава 3. ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (Кургальский участок)

3.1. Специфические грунты.

К специфическим грунтам в двух районах исследований относятся: органические грунты – торф, крайне неблагоприятный в инженерно-геологическом отношении. Торф на Кургальском участке изысканий имеет достаточно широкое распространение в пониженных участках мощностью до 0,2-0,4 м. Там в пределах участка изысканий выделен торф от светло- до темно-коричневого, среднеразложившийся, влажный. Но в пределах южной части участка на краю большого верхового болотного массива торф имеет мощность до 2,0 м и более, от светло- до черного, от слабо- до сильноразложившегося, насыщенного водой.

Нормативная глубина сезонного промерзания песков средней крупности и крупных – 150 см; насыпных грунтов, песков пылеватых, мелких и супесей – 140 см; суглинков – 120 см (СНиП 2.02.01-83*, СНиП 23-01-99*). По данным замеров температуры почвы по вытяжным термометрам на метеостанции Усть-Луга глубина промерзания песчаных грунтов составляет около 1,05 м.

По степени морозной пучинистости пески в водонасыщенном состоянии, а также глинистые грунты при показателе консистенции $IL > 0,5$ относятся к сильнопучинистым; влажные пески, пылеватые и мелкие к среднепучинистым; средней крупности и крупные, к слабо- и практически непучинистым грунтам (ГОСТ 25100-95). При производстве работ учесть необходимость водоотлива при проходке в водонасыщенных песках.

Из опасных геологических процессов в пределах исследуемого участка можно отметить общее заболачивание территории и эрозию.

По совокупности факторов определяющих категорию сложности инженерно-геологических условий, согласно СП 11-105-97, Кургальский район изысканий отнесен к II категории сложности.

3.2. Выявление и картирование опасных экзогенных процессов

Наибольшее распространение на исследуемой территории получили процессы *заболачивания* и *эрозии*.

Описываемая территория относится к зоне избыточного увлажнения и вследствие этого характеризуется достаточной *заболоченностью* и заозеренностью (вне пределов участка). Замедленный поверхностный сток и слабый естественный дренаж грунтовых вод, что связано с плоским рельефом, суглинистым составом поверхностных отложений в понижениях послужили причиной широкого распространения озер и болот. Заболоченность Кургальского участка – 10%, но района в целом - 20%. Но с другой стороны, эта цифра достаточна мала для данной подзоны, что связано с относительно большей вертикальной и горизонтальной расчлененностью рельефа и достаточным врезом речных долин.

Заболачиванию подвержены практически все плоские и пониженные поверхности исследованной территории. Мощность болотных отложений невелика – чаще всего до 0,5 м и лишь в пределах верховых болот южной части участка (и далее – за его пределами) достигает значительных величин - до 2,0 м и более.

В пределах участка встречаются все типы болот: верховые (атмосферного питания), низинные (грунтового питания) и переходные (смешанного питания). Наибольшее распространение в пределах изученного участка имеют не болота, но заболоченные участки в пределах речной долины р. Мертвицы и морской равнины низкого уровня (рис. 32), т. е. низинные и переходные болота.



Рис. 32. Плоская приморская равнина с наклоном поверхности до 2°. (Координаты N59°33'24,33"; E28°06'45,07"8). Густой низкорослый (8-10 м) сырой мелколиственный лес с отдельными соснами и преобладанием березы. Надпочвенный покров: зеленые мхи с сфагнумом, густо покрытые опадом листьев. Редко встречается черника, голубика, хвощ. Поверхность кочковатая (высота кочек 0,5-0,8 м, диаметр 1-2 м) с приствольными бугорками и т.д. Почвы оторфованы, мощность торфянистого горизонта до 10-15 см.

В пределах высокой поймы р. Мертвицы болота могут образовываться при зарастании старичных озер, что и наблюдается (рис. 33).



Рис. 33. Пойма р. Мертвицы с высокими травами: тростник, лабазник, высотой 2-2,5 м. Напочвенный покров на 50% мертвый, на 50% - зеленые мхи, сфагнум и гидрофильная широколиственная растительность. Вниз по течению реки в понижениях напочвенного покрова нет. Растет тростник и лабазник, залитые водой. Отложения - илы и низинные торфа. Мощность торфа 0,7-1 м.

Заболоченные участки сложены торфом от слабо- до средне разложившегося водонасыщенного. Верховые болота южной части изучаемого участка имеют весь набор торфов: от слабо- до сильно разложившегося водонасыщенного. По проходимости техники в летний период года болота относятся в основном, к I типу (СНиП III-42-80*, СП 104-34-96) [21], но в пределах наличия озерково-болотного комплекса к югу от исследуемого участка – ко II типу.

На заболоченных и переувлажненных участках широко развит кочковатый микрорельеф, связанный с наличием торфа и высоким содержанием пылеватых фракций в приповерхностных горизонтах грунтов (пылеватые пески, супеси, суглинки). В основном в пределах исследуемой территории доминируют мелко- и средне-кочковатые поверхности с высотой кочек от 0,3-0,5 м. Бугры образуют комплексы то с увлажненными мочажинами, порой покрытыми водой, то с более сухими понижениями, поросшими кустарничково-сфагновой растительностью, иногда с озерками.

Эрозия проявляется в первую очередь на склонах водораздельной равнины, где значительны уклоны и врез водотоков, а также на надпойменных террасах под действием, как речных вод, так и временных водотоков (аллювиальные и пролювиальные процессы), а также поверхностного стока. Для малых рек характерна как боковая, так и глубинная эрозия, но доминирует **донный тип руслового процесса** (значительные врезы водотоков с обрывистыми берегами до 1м и более без пляжа, неоднородность профилей, уклонов водной поверхности, смена прямолинейных участков русла на меандрирующие, - и то, и другое возможно обусловлено проявлениями современных и неотектонических

движений, а также связано с молодостью рек). На молодость рек указывает тот факт, что большинство рек имеет лишь одну пойменную террасу, а в настоящее время продолжается углубление долин.

Овражная эрозия практически не встречается и может быть приурочена лишь к крутому склону Литоринового вала на краю морской равнины, где имею место отдельные неглубокие залесенные лога с отлогими бортами, что указывает на древний возраст их заложения. Непосредственно в пределах исследуемой трассы, овражная эрозия не отмечена, однако при нарушении естественного растительного покрова в процессе строительства возможно образование не только промоин, но и оврагов (рис. 34).



Рис. 34. Подножье склона Литоринового вала. Склон вогнутый в профиле и слабофестончатый в плане. Покров сосново травянисто вересковый зеленомошный лесом, почти без подроста. Сосны высотой 20-25 м, диаметром 25-30 см. Следов эрозии на склонах нет. Она возможна на самых крутых участках лишенных травяно-мохового покрова. Крутизна склона - 16°.

Образование достаточно глубоких и широких промоин было зафиксировано на относительно крутых бортах дюн, особенно там, где напочвенная растительность была нарушена при вырубке деревьев. Площадь, охваченная **линейной эрозией с образованием промоин**, достаточно значительна (рис. 35).



Рис. 35. Средняя часть склона дюнной гряды. Азимут простирания 10°. Относительная высота 4 м. Крутизна склона 26°. На 20% покрыт зелеными мхами, брусникой, вереском, остальное песчаный незакрепленный субстрат. Поверхность осложнена эрозионными бороздами глубиной до 30 см и шириной 1,5-2 м, антропогенного происхождения. На склоне, по бороздам и валам, неравномерно растет подрост сосны высотой от 0,5 до 1,5 м, возрастом 3-5 лет, диаметр 1-3 см. Местами вывалы сучьев и веток.

Проявление оползней на склонах не отмечено. Скорее, возможно осыпание песчанистых грунтов. Также возможно **образование небольших дефляционных воронок и котлов выдувания**, приуроченных к выходу на поверхность песчаных грунтов на вершинах дюн.

Уровень воды в Финском заливе может подниматься на высоту до 2 метров от нагонных ветров. Приливы и отливы незначительны.

Морфо- и литодинамика береговой зоны согласно принятой классификации [20] относит восточное побережье Нарвского залива к группе выровненных аккумулятивных берегов (III группа). Здесь расположены наибольшие по протяженности в Ленинградской области песчаные пляжи (около 20 км). Побережье Кургальского полуострова также стабильно, но более подвержено эрозии, в связи с открытостью западным и юго-западным штормовым ветрам, а валунный бенч здесь значительно меньше, чем на Сойкинском участке [30] (рис. 36).

Приливно-отливные колебания уровня в прибрежной зоне Кургальского полуострова, как и в самом Балтийском море, выражены слабо и не превышают 1-5 см. Большее значение имеют сгонно-нагонные колебания уровня моря. При постоянных западных ветрах происходит нагон вод. Абсолютная амплитуда колебаний у берегов Кургальского полуострова составляет 0,5-1,3 м; при наиболее сильных нагонах может достигать 2-4 м.



Рис. 36. Пологий песчаный пляж, наклоненный на 2-3°. Азимут простирания пляжа 350°.

Навалы льда на берег возможны при штормовых западных и северо-западных ветрах только осенью до формирования ледяного заберега и весной в период от разрушения припая до очищения района ото льда. Трансформации побережья льдом здесь следует считать маловероятной, учитывая наличие зоны осушки у побережья, а также тот факт, что осенью лед имеет небольшую толщину, а весной сильно разрушен. Поэтому при нажимных ветрах нагромождения и навалы льда формируются скорее не на берегу, а в полосе вдольбереговой осушки. В целом же информация о навалах льда на берег в данном районе отсутствует [20].

В таблице 4 показана приуроченность разных экзогенных геологических процессов к различным типам (формам) рельефа исследуемого участка на Кургальском полуострове, а на карте (рис. 37) указана их площадная приуроченность.

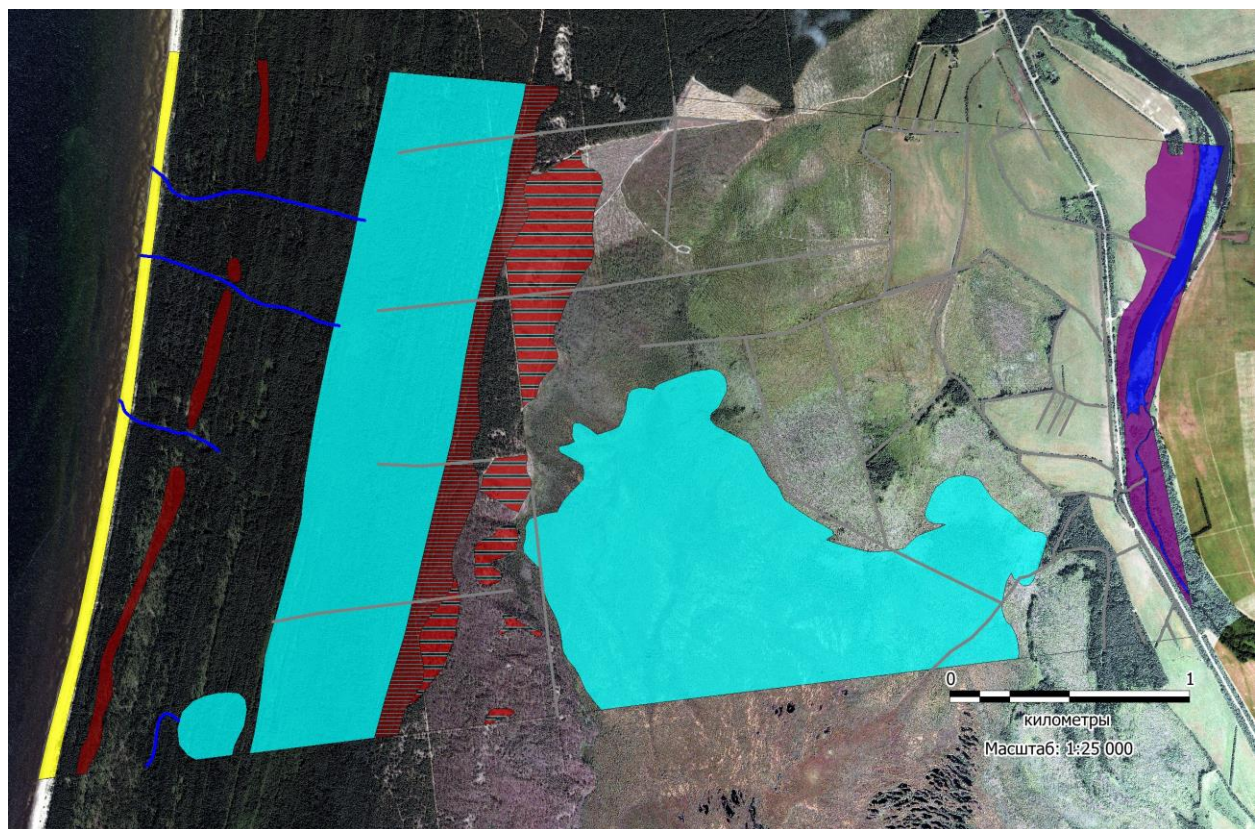
Таблица № 4

Распространение экзогенных геологических процессов в пределах различных типов (форм) рельефа исследуемого участка на Кургальском полуострове

№	Индекс процесса	тип (формы) рельефа	опасные экзогенные геологические процессы	степень опасности	пораженност ь территории (в % от площади ареала типа рельефа, формы)
1	2	3	4	5	6
1	360	относительные замкнутые подболоченные понижения на поверхности слабонаклонной морской литориновой равнины	заболачивание	низкая	80%
2	220	дюны, образующие Литориновый вал	линейная водная эрозия временных водотоков с образованием промоин	высокая	30%
	420		развевание незакрепленных песков	низкая	15%
	130		осыпание песчаных грунтов	низкая	15%
3	220 130	уступ высокой литориновой морской равнины	линейная водная эрозия временных водотоков осыпание песчаных грунтов	потенциально высокая при нарушении напочвенного растительного покрова	практически не наблюдаются

	250		плоскостной смыв	низкая	10%
4		волнистая поверхность слабонаклонной морской равнины Лимнеа	подболачивание в относительных понижениях	крайне низкая (мощность торфов до 5 см)	30%
5	360	поверхность слабонаклонной подболоченной низкой морской Литориновой равнины	заболачивание	низкая	70%
6	130	береговые валы	осыпание песчаных грунтов	потенциально высокая при нарушении напочвенного растительного покрова	практически не наблюдается
7	260	современный пляж	абразионный	фактически нет	практически не наблюдается
8	360	верховые болота	заболачивание	очень высокая (мощность торфа до 2 м и более, образование болотных озер)	100%
9	240 220	долины рек	боковая эрозия по берегам постоянных водотоков линейная водная эрозия временных водотоков по бортам долин заболачивание	высокая низкая	40% 5%

	360		(формирование низинных болот в понижениях поймы)	низкая	10-15%
10	230	русла рек	донная эрозия по руслам постоянных водотоков	высокая	60%
11	290	техногенные отрицательные формы – обводные каналы	водная аккумуляция по берегам и руслу искусственных водотоков (оползание, заиление канав)	средняя	60%



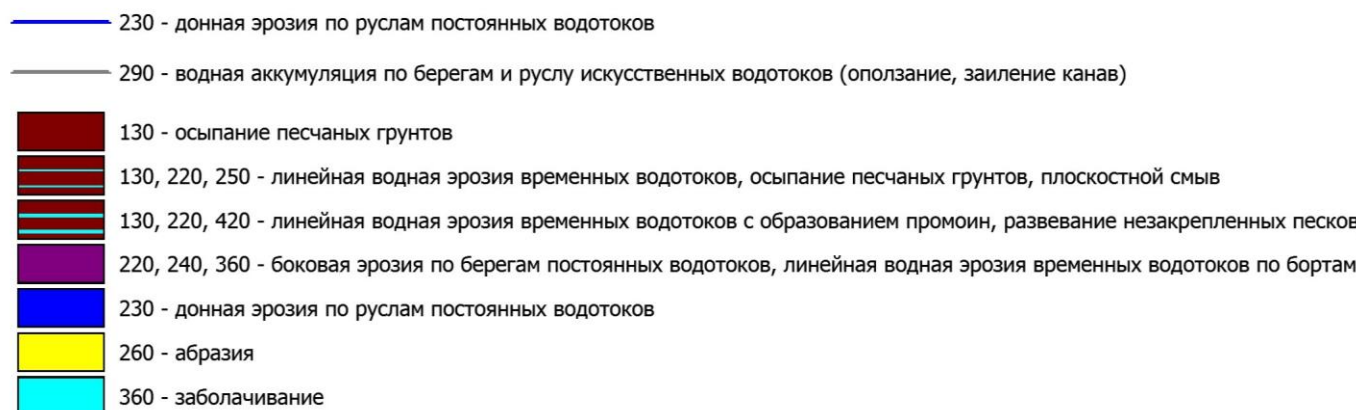


Рис. 37. Карта распространения ЭГП Кургальского участка.

3.3. Оценка инженерно-геологических условий

Под инженерно-геологическими условиями понимается совокупность компонентов геологической среды, которые могут оказать влияние на проектируемые здания и сооружения (рельеф и геоморфология, геологическое строение, подземные воды, состав, состояние и свойства грунтов, опасные геологические процессы). Одной из важнейших целей инженерно-геологических изысканий является обеспечение строительного проектирования исходными данными об инженерно-геологических условиях района (участка, трассы). Категории сложности инженерно-геологических условий устанавливаются по совокупности факторов, указанных в приложении Б СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» [34]. Если какой-либо отдельный фактор относится к более высокой категории сложности и является определяющим при принятии основных проектных решений, то категорию сложности инженерно-геологических условий следует устанавливать по этому фактору. В соответствии с Приложением Б СП 11-105-97 для исследуемых участков категория сложности инженерно-геологических условий устанавливалась по следующим факторам, наиболее важным в данном районе: крутизна наклона поверхности, физико-геологические особенности грунтов, уровень залегания грунтовых вод и наличие и интенсивность проявления опасных

геологических процессов. Данный подход на западе Ленинградской области для оценки сложности инженерно-геологических условий применялся, в частности, геологами при изысканиях для обоснования Генерального плана муниципального образования «Котельское сельское поселение» Кингисеппского муниципального района Ленинградской области [5].

В соответствии с геоморфологическими, инженерно-геологическими и гидрогеологическими признаками, отражающими важнейшие закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий, можно выделить следующие районы (табл. 5).

Таблица 5

**Важнейшие закономерности пространственной
изменчивости инженерно-геологических условий**

Тип района	Угол склона	Грунты	Уровень грунтовых вод	Степень опасности геологических процессов
Относительно простые инженерно-геологические условия				
I	Менее 8°	Несвязные, сухие	Более 2,0 м	Опасные процессы отсутствуют
Инженерно-геологические условия средней сложности				
I	Менее 8°	Связные, влажные грунты	Менее 1,0 м	Опасные процессы присутствуют, но слабой интенсивности (пляжи; подболачиваемые территории с крайне небольшой мощностью торфов)
	Менее 18°	Связные и несвязные, влажные и сухие	Более 2,0 м	Опасные процессы присутствуют, но слабой интенсивности или потенциальной опасности (задернованные склоны, потенциально опасные)
II	До 18°	Разные, возможно наличие в разрезе сильносжимаемых грунтов (торф)	Менее 3,0 м	Несколько опасных процессов сильной и средней интенсивности (долины малых рек с донной и боковой русловой эрозией, заболачиванием и частичным подтоплением, развитием плоскостного смыва и линейной эрозии на склонах; районы подтопления на равнинах с близким залеганием суглинистых сильнопучинистых грунтов)
Сложные инженерно-геологические условия				
III	Менее 8°	Связные, насыщенные водой, сильносжимаемые	Близок к поверхности	Опасные процессы сильной интенсивности (болота с мощностью торфа более 1 м)
	Более 18°	Связные и несвязные,	Более 2,0 м	Несколько опасных процессов сильной и средней интенсивности (опасные

		влажные и сухие		склоны с признаками оползания, линейной эрозии, осыпания, плоскостного смыва)
--	--	-----------------	--	---

3.4. Инженерно-геологическое районирование и опасные геологические процессы Кургальского участка

В результате анализа геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий территории с учетом развития опасных геологических процессов выявлены следующие инженерно-геологические закономерности:

основная часть рассматриваемой территория относится к I и II-му типу районов;

I тип районов встречен в центральной части участка в пределах относительно дренированных высоких равнин с песчаными грунтами;

I тип районов с относительно простыми инженерно-геологическими условиями встречен в пределах береговых валов и заболачиваемых морских равнин низкого уровня Кургальского участка, заболачивающих понижения литориновой высокой равнины Кургальского участка; в пределах отдельных участков пляжа, на неопасных задернованных склонах;

II тип районов встречен в долинах малых рек;

III тип районов – это верховые болота со значительной мощностью торфа обоих участков, на нарушенных частях дюн Литоринового вала Кургальского участка.

Опасные природные и техногенные процессы и явления:

южная кромка Кургальского представляет собой северную окраину грядово-озеркового верхового болота Кадер с мощностью торфа более 2 м и сформированным болотно-озерковым комплексом;

несмотря на относительную маловодность в период наблюдения малых рек обоих участков, реки, особенно Мертвица, характеризуются глубоким врезом, развитием русловой эрозии, достаточно крутыми склонами долин, процессами подтопления и локального заболачивания;

дюнные гряды Литоринового вала и сам уступ литориновой равнины Кургальского участка крайне опасны с позиции развития линейной эрозии в случае нарушения растительного покрова, что можно наблюдать на участках вырубок.

По результатам инженерно-геологической рекогносцировки карстовые проявления на рассматриваемой территории не отмечены.

Учитывая вышеизложенное, можно рекомендовать для проведения трассы трубопровода центральную часть Кургальского участка, севернее болота, с наименьшей шириной долины и русла р. Мертвицы на востоке участка и наименьшей высотой дюнных гряд в центре участка, в месте прохождения грунтовой дороги, ниже к урочищу Вяйке-Ропсу.

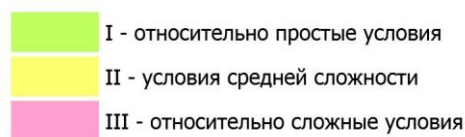
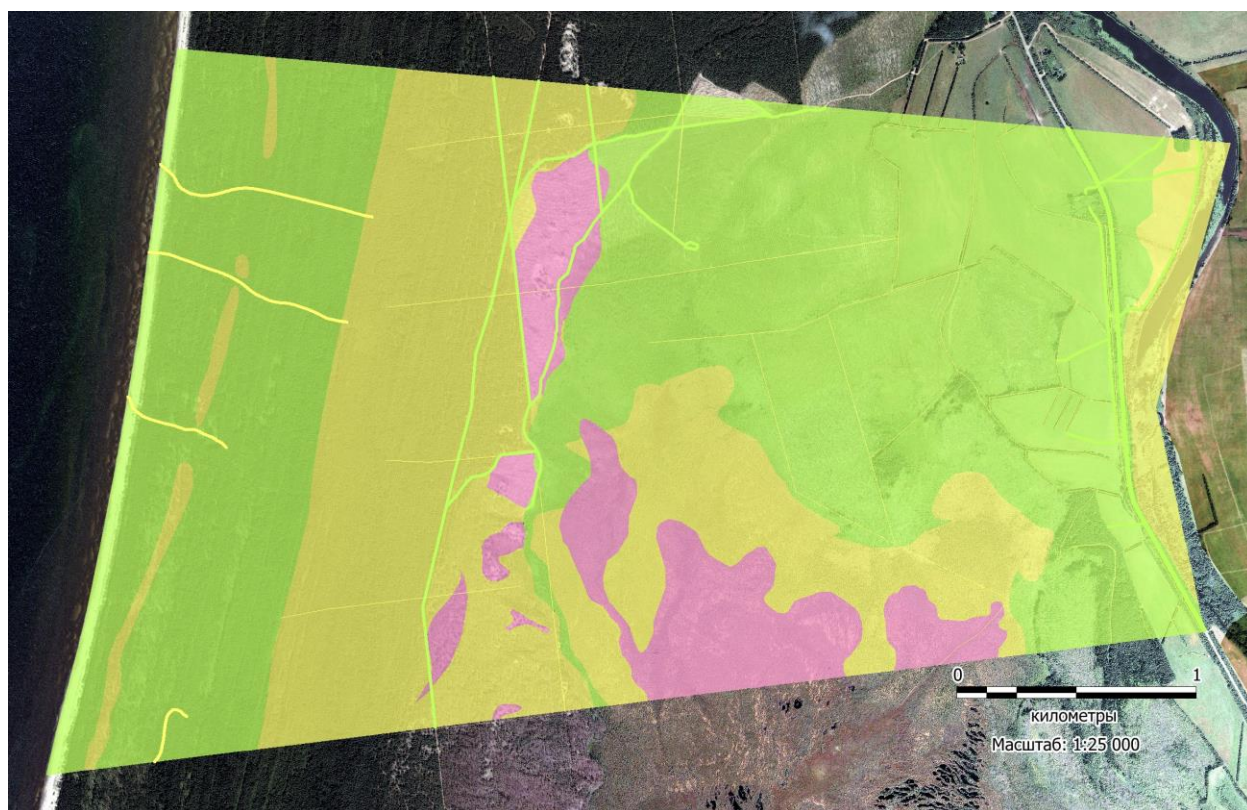


Рис. 38. Картосхема инженерно-геологического районирования Кургальского участка.

Глава IV. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДА

4.1 Теоретическая оценка предполагаемого риска при строительстве проекта.

Практика строительства трубопроводов предполагает использование различных способов и решений по их прокладке. Поскольку такое строительство относят к линейному, его специфика - разнообразие и изменчивость ландшафтных, грунтовых, гидрогеологических, геоморфологических характеристик местности, по которой пролегает трасса трубопровода. Такие условия требуют применения разнообразных технологий и схем строительства.

При изменении погодных условий проходимость и пригодность для работ может стать затруднительными даже при изначально простой трассе. В тех случаях, когда инженерные работы проектируются и ведутся на базе преобладающих торфяных грунтов, возрастает актуальность вопроса об осуществлении технологических требований к строительству и его дальнейшей эксплуатации.

В таких случаях инженеры и строители предпочитают метод прокладки трубопровода по поверхности. Этот способ был выбран и для прокладки "Северного потока-2".

Помимо этого, среди геологических опасностей для сооружений линейного типа на всей территории Кургальского полуострова можно выделить:

- оползни, водная и ветровая эрозия почв;
- просадки грунтов;
- сезонные наводнения и паводки.

Обозначенные факторы наиболее вероятны в связи с типом почв, рельефом и ландшафтом полуострова, детальные данные о которых приведены выше. Оценка опасности процессов обусловлена их влиянием на сооружение, для чего при проектировании необходимо расширить использование расчетных методов и уделить отдельное внимание исследованиям вторичных факторов, отдельно оценивая их предполагаемую вероятность.

Во избежание рисков, аналогичных обозначенным, ландшафты и микроландшафты на участке строительства предварительно определяются исследователями при помощи данных изысканий и аэрофотосъемки, либо данных натурального осмотра.

Комплекс геофизических методов, применяемых для решения задачи, предполагает сейсмоакустическое профилирование, гидролокацию, магнитометрическую съемку, которая в ряде случаев дополняется видеосъемкой. С ними сочетаются другие виды инженерно-геологических работ – бурение, пробоотбор, статическое зондирование (СРТ).

4.2 Практическая оценка предполагаемого риска при строительстве проекта.

При проведении полевых исследований на местности в ходе нашей работы удалось установить получившие наибольшее распространение возможные опасные экзогенные геологические и геоморфологические процессы:

1. Эрозия, оползни и склоновые процессы.
2. Наводнения, паводки.
3. Подтопления, заболачивания.

Ниже мы подробнее рассмотрим их.

4.2.1. Эрозии, оползни и склоны.

В результате хозяйственной деятельности человека ход рельефообразующих процессов может меняться. В частности, результатом оползневых процессов может стать серьезный ущерб, который понесет экологическая среда и сам инженерный объект, при строительстве которого они проявились. Оползни и эрозии могут спровоцировать разрывы и другие механические повреждения газопровода. Данные процессы различаются как механизмами возникновения и последующей деформации грунтов и почв, так и по своей структуре, специфике оползневого цикла и периодов его активности. Результат же их может быть катастрофическим: загрязнение подземных вод, поверхностных акваторий, ущерб для флоры и фауны в результате активных биологических загрязнений, пожаро- и взрывоопасные ситуации.

Для того, чтобы обеспечить безопасное функционирование такого инженерного объекта, как газопровод, необходимы:

- детальный анализ оползневой обстановки и механизма деформаций рельефа на заданной территории;
- регулярный мониторинг процесса деформаций с целью предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций, как в ходе строительства, так и при дальнейшей эксплуатации газопровода;
- при необходимости при строительстве и по его завершении проводятся защитные мероприятия, предназначение которых – стабилизировать оползневые склоны.

Наши полевые исследования, не предполагавшие наблюдения за глубинными оползневыми деформациями на территории строительства газопровода «Северный поток-2», позволили, тем не менее, сделать некоторые наблюдения о возможности развития данных процессов.

Так, согласно записям, произведенным при полевом исследовании, в точке наблюдения №3 эрозионные процессы на береговом склоне не наблюдаются (см. "Приложение 1" к данной научной работе). В точке наблюдения №8, несмотря на то, что относительно свежих эрозионных процессов мы не наблюдаем, на восточном склоне в верхней его части обнаружена каплеобразная эрозионная чаша, слабовогнутая, длиной 22 м и шириной 11 м (рис. 39).



Рис. 39. Каплеобразная эрозионная чаша, слабовогнутая, 22 м на 11 м, почти лишена растительности, проективное покрытие до 10%, в основном лишайники, мхи, редкие злаки. Более 50% поверхности – мелкозернистые сортированные пески. На дне чаши следы блуждания потоков. По центру днища поросль сосны (возраст лесопосадки 6-7 лет.

В иных частях дюны склон слабовыпуклый. В точке наблюдения №9 имеются эрозионные полосы, меньшей глубины, нежели обнаруженная ранее эрозия в точке наблюдения №8 (Рис. 40).



Рис. 40. Борозда. Длина полностью 50 м. Рядом имеются другие эрозионные полосы меньшей глубины. На восточном склоне дюне приблизительно 3-4 подобных образования. Состояние почвенного покрова удовлетворительное.

Из сказанного выше можно сделать вывод о том, что лежащие близко к поверхности эрозионные и оползневые деформации не оказывают существенного влияния на объект исследования. Однако в любом случае необходим мониторинг на предмет их выявления и специфики развития с целью предотвращения в будущем активизации, например, более глубоких

оползневых подвижек при эксплуатации газопровода. Отдельно следует отметить, что отсутствие заметно проявленных деформаций по склонам не является единственным доводом стабильности склонов, т.к. некоторые смещения происходят в глубинных пластах, скрытых от возможного визуального контроля, поэтому их состояние не может быть выявлено только путем поверхностного осмотра.

4.2.2. Наводнения, паводки.

Несущие свойства грунта могут быть ухудшены при строительстве также избыточной влажностью, в частности, являться следствием наводнений, паводков.

Наводнения и паводки представляют собой резкие стремительные подъемы уровня вод, ставшие результатом увеличения расхода воды во внутренних водоемах - реках, озерах, водохранилищах. Данные процессы не всегда являются сезонными, хотя могут быть и, например, следствием интенсивного таяния снега, или продолжительных дождей. Такие процессы создают серьезную угрозу для строительства и последующей эксплуатации инженерных объектов.

Затопление половодьем и наводнение - не такие частые явления для Кургальского полуострова, как, скажем, подтопление грунтовыми водами. Значительных разрушений берегов при сезонных паводках также не происходит.

В целом можно сказать, что на исследуемой территории признаки серьезных деформаций или активного проявления описанных выше процессов, как правило, не наблюдаются.

4.2.3. Подтопления, заболачивания.

Для борьбы с подтоплениями в зоне строительства могут использоваться различные типы дренажа либо их комбинации. Для более полного анализа исследуемой территории на предмет подтоплений нам необходимы были бы исследования на базе фондовых материалов по заданной территории. Ввиду их отсутствия мы ограничились выводами на основе собственных полевых наблюдений.

Естественное подтопление наличествует при залегании грунтовых вод на глубине не более 2,5 м при отсутствии взаимосвязи с техногенными факторами. Гидрологический анализ показывает, что подтоплению в высокой степени способствуют выходы криптомактровых и синдесмиевых глин, поскольку их элювирующая зона имеет невысокие фильтрационные свойства и, таким образом, препятствует быстрому оттоку инфильтрационных вод, поступающих в нее.

Однако согласно полевым наблюдениями (см. "Приложение 1" к данной работе), поверхность почв исследуемой части Кургальского полуострова представлена преимущественно песками.

В точке наблюдения №8 мы видим, что более 50% поверхности составляют мелкозернистые сортированные пески. В точке наблюдения №7 поверхностные отложения представлены светло-коричневыми мелкозернистыми песками, сортированными, без включений. Пески не слоистые, видимой мощностью до 1 м (Рис. 41).



Рис. 41. Дюна. Широта 59.5438° с.ш. Долгота 28.1167° з.д. Относительная высота с востока 16 м. Крутизна $\sim 26^{\circ}$. Самая высокая точка имеет высоту 19,5 м. С запада со стороны залива относительная высота 12 м, крутизна 23° , имеет вытянутую с севера

на юг эллипсоидную форму с относительными понижениями, в понижении литоринового вала проходит трасса трубопровода. На вершине - небольшие воронкообразные котловины выдувания глубиной до 1,5-2 м, поросль - низкорослая, до 10 м, редкая искривленная сосна. На фото - восточный склон.

Точка наблюдения №6: песок темно-коричневый, мелкозернистый, относительно сортированный, с включениями корней, рыхлый, влажный, без следов слоистости. В точке наблюдения №5 встречается также рыхлый суглинок без включений, в точке наблюдения №3 - легкий аллювиальный суглинок с песком, темнее, чем на ТН №1.

Уровень залегания грунтовых вод примерно 2 м, что даже при отсутствии глинистых почв способствует подтоплениям, которые мы наблюдаем при рассмотрении территории. Точка наблюдения №1 - у левого берега заросли осоки, затоплено дерево, видны следы подтопления. Даже в относительно сухой период происходит затопление до 1 м, однако к оживлению эрозионных процессов на уступе I надпойменной террасы это не приводит. В точке наблюдения №2 видно, что берега подтоплены, а растительность по берегу явно затоплена до глубины 25-30 см (Рис. 42).



Рис. 42. Подтопление берега р. Мертвицы. Следы высокого стояния воды, обрушение стволов в воду, наклонение живых деревьев.

Поскольку наблюдения ведутся преимущественно в прибрежной зоне, в точке наблюдения №6 мы можем наблюдать следы высокого стояния воды, обрушение стволов в воду и наклонение живых деревьев.

В точке наблюдения №3 виден процесс подмывания ранее стабильных берегов и, как следствие, подтопление (Рис. 43). В точке наблюдения №5 поверхностное подтопление водами р. Мертвицы доходит до 10 см, но в шурфе закопушке до глубины 20 см вода отсутствует (Рис. 44).



Рис. 43. Точка наблюдения №5 – просматривается подтопление.



Рис. 44. Закопушка. При наличии поверхностного подтопления в закопушке до глубины 20 см воды нет.

На территории Кургальского полуострова располагаются три обширных болотных комплекса, лежащие преимущественно к западу от центральной его части:

1) Болото Большое - комплекс торфяников глубиной около 2-2,5 м, которые отделены друг от друга грядами моренного происхождения незначительной высоты.

2) Каянсуо - болотный грядово-мочажинный комплекс.

3) Кадер - грядово-озерковый комплекс болот.

Болото Большое в слабовсхолмленном рельефе занимает понижения сложной конфигурации. В юго-восточной части расположен комплекс болот Каянсуо. Болото Кадер расположено в котловине на северо-западной части острова. Явной тенденции к заболачиванию вне обозначенных зон на исследуемой территории не наблюдается.

Все болота Кургальского полуострова ранее подвергались мелиорации, системы которой в наше время уже не функционируют, однако период их

работы спровоцировал ряд экологических изменений, например, изменение растительности болот. В настоящий момент эти изменения имеют тенденцию к затуханию.

а) Состояние почв

Т.к. значительная площадь всего полуострова занята болотами, преимущественно верховыми и переходными, на полуострове преобладают торфяники и почвы болотно-глеевого типа. Их перемежают зональные слабо- и среднеподзолистые почвы.

В болотистых низменностях чаще всего представлены торфянисто-перегнойные и торфянисто-подзолистые почвы. Моренные гряды представлены преимущественно слабо развитыми завалуненными подзолистыми почвами.

б) Состояние грунтовых вод

Подземные воды представлены несколькими категориями. Напорные воды расположены на глубине 400 м и более. Они отличаются повышенной минерализацией (более 20г/л). Водоносные пласты в четвертичных отложениях встречаются между моренными горизонтами различного возраста. Располагаются грунтовые воды на уровне от 1 до 10 м. В рассматриваемой зоне, преимущественно береговой, глубина залегания грунтовых вод не превышает 3 метров, что способствует тенденции почв к подтоплению.

Вывод: На местностях с преобладающими торфяниками и почвами болотно-глеевого типа - такой местностью является западная часть Кургальского полуострова, - при строительстве с высокой вероятностью возникает риск нарушения целостности изоляционных покрытий на поверхности трубопровода, а также подтопление и заболачивание опорных конструкций.

4.3. Методы исследования

При проведении полевых исследований мы использовали следующие методы:

- велось наблюдение по заданному маршруту с приближенно определенными границами;
- делались фотоснимки местности;
- производилось изучение и описание обнажений, находящихся в естественных условиях;
- рассматривались и анализировались детали ландшафта, фауна описываемой местности также подлежала рассмотрению в местах, где ее характерные черты указывали на наличие определенных геоморфологических процессов (например, обильных подтоплений).

Результатом проведенных исследований стал полевой дневник, представленный в "Приложении №1" к данной работе.

Вывод: Любой крупномасштабный инвестиционный проект в области нефтегазовой промышленности, в частности, рассматриваемое нами строительство трубопровода «Северный поток-2», нуждается в комплексной оценке геоопасностей и рисков, включающей в себя как технические, так и непосредственно геологические аспекты, которые мы оценивали в рамках данного исследования.

По сообщению на 15 мая 2019 года построено более 1200 км (более 50%) трубопровода от общей длины по обеим ниткам [48] - именно так сообщается на сайте проектной компании Nord Stream 2 AG (Рис. 45). Этот объем составляет больше половины от общей протяженности трубопровода.



Рис. 45. Въезд на участок ООО «Рашен Дреджинг энд Мэрин Контрэктесз» (РДМК). Береговое пересечение в России – Nordstream 2.

При принятии необходимых мер при строительстве, которые позволят избежать коррозии и последующей разгерметизации трубопровода вследствие избыточной влажности, серьезных рисков при строительстве проекта не наблюдается. Отдельной оценки, однако, требует его предположительное влияние на экосистему территорий строительства. Однако проводимая по государственным стандартам диагностика с применением надлежащих технических средств позволит свести риски к минимуму.

Оценка геологических опасностей на территории строительства трубопровода – важнейшая задача, которая включает в себя технические вопросы (расчеты прочности, устойчивости сооружений) и непосредственно ряд геологических и геоморфологических задач. После проведения лично нами полевых наблюдений на территории строительства позволим себе сделать вывод о том, что при проведении всех необходимых тестирований, о

которых мы говорили выше, геоморфологические и геологические риски данного проекта мы можем классифицировать как достаточно маловероятные и, следовательно, не представляющие серьезной угрозы для успеха в реализации описываемого нами проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе проведения исследования была дана полная характеристика геологических и геоморфологических условий участка. Были выявлены и закартированы опасные экзогенные процессы в районе строительства, оценена их интенсивность, а также дан прогноз развития абразионных, эрозионных и других опасных геологических процессов.

На основе полученных данных следует сделать вывод о том, что можно рекомендовать для проведения трассы трубопровода центральную часть Кургальского участка, севернее болота, с наименьшей шириной долины и русла р. Мертвицы на востоке участка и наименьшей высотой дюнных гряд в центре участка, в месте прохождения грунтовой дороги, ниже к урочищу Вяйке-Ропсу. Сравнивая несколько участков, следует признать Кургальский участок более перспективным в силу меньшей освоенности, меньшего рекреационного значения пляжной зоны, более предсказуемого рельефа и гидрогеологических условий при условии выбора выше рекомендуемой трассы для будущего трубопровода.

На основе материалов проведенных изысканий можно сказать, что негативные геологические процессы, оказывающие существенное влияние на изменение инженерно-геологических условий, на исследуемой территории не ожидаются. Изменение инженерно-геологических условий возможно лишь в результате техногенной деятельности человека без соблюдения правил строительства и эксплуатации сооружений (нарушение почвенно-растительного слоя на склонах, подрезка склонов и пр.). К подобным выводам, в частности, склоняются также изыскатели иных территорий Кингисеппского района Ленинградской области [4].

Можно сформулировать рекомендации по организации дальнейших работ по инженерно-экологическим изысканиям в 2019-2020 гг.

- Необходимо провести последующие повторные наблюдения (мониторинг) за динамикой опасных геологических процессов в

районах исследования. Желательно проведение двукратных наблюдений в точках проявления тех или иных опасных геологических процессов в летний период, особенно, во второй половине лета в период после выпадения осадков (август), а также в период поздней осени-начала зимы, соответствующий по гидроклиматическим условиям периоду проведения первичных полевых изысканий с целью сопоставления геологических ситуаций.

- Особое внимание следует уделить в пределах Кургальского участка району дюн и уступу Литоринового вала с целью фиксации эрозионных процессов и долине р. Мертвицы с целью выявления эрозионно-аккумулятивной деятельности речного потока.

Все вышесказанное обусловило последующий выбор для строительства береговой инфраструктуры трубопровода Nord Stream-2 другой участок - более благоприятный (Кургальский).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Опубликованная

1. Андерсон Е.Б., Савоненков В.Г., Шабалев С.И. Перспективы создания подземных могильников РАО в нижекембрийских глинах Ленинградской области // Труды Радиевого института им. В.Г.Хлопина. – 2006. – Т. XI. – С. 105-132.
2. Болтрамович С.Ф., Жиров А.И., Ласточкин А.Н. и др. Геоморфология: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А.Н.Ласточкина и Д.В.Лопатина. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
3. Воронов А.Н., Барвиш М.В., Шварц А.А. Особенности микрокомпонентного состава подземных вод нижнекотлинского горизонта / Разведка и охрана недр, 1998, № 7-8.
4. Гарбар Д.И., Головизнин С.А., Трофимов О.В. Геодинамика зоны сочленения Балтийского щита и Русской платформы / Советская геология, 1992, № 7.
5. Генеральный план. Кингисеппского муниципального района Ленинградской области. 12/04/16-оп-1. Том II. Материалы по обоснованию генерального плана. Часть 1. Текстовая часть. Проект. – СПб., 2014.
6. Геоморфология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.Ф.Болтрамович, А.И.Жиров, А.Н.Ласточкин и др; под ред. А.Н.Ласточкина и Д.В.Лопатина. – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 528 с.
7. Государственная геологическая карта СССР. Карта подземных вод м-ба 1:1000000., лист О – (35), 36.
8. Дашко Р.Э., Еремеева А.А. Инженерно-геологические особенности коренных глин Санкт-Петербурга как среды для размещения

- подземных сооружений / Материалы Международного симпозиума «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий». – Екатеринбург: «Аква-Пресс», 2001.
9. Дашко Р.Э., Норова Л.П., Руденко Е.С. Эволюция геозкологического состояния подземного пространства Санкт-Петербурга // Разведка и охрана недр, 1998, № 7-8.
10. Еремеева А.А. Инженерно-геологическая и геозкологическая оценка условий захоронения промышленных отходов в нижнекембрийских глинах Ленинградской области: Дисс. – СПб.: ГГИ им. Г.В.Плеханова, 2002.
11. Жиров А.И., Калыгин М.Н., Системно-морфологический подход при инженерно-геоморфологических исследования объектов нефте- и газодобывающей промышленности на Российском Севере // Международный научно-исследовательский журнал - Екатеринбург, №5(47) 2016. - с.80-81.
12. Жиров А.И., Шавель Н.И. Инженерно-геоморфологические исследования на системно-морфологической основе // Прикладная геоморфология на основе общей теории геосистем: Коллективная монография кафедры геоморфологии СПбГУ. – СПб., 2008. – С. 244-270.
13. Звонкова Т.В. Прикладная геоморфология: учебное пособие для географических специальностей университетов. – М.: Высшая школа, 1970. – 272 с.
14. Кабаков Л.Г., Скопенко Н.Ф. Оценка геодинамического состояния территории Ленинградской области / Геология и геофизика, 1992, № 10.
15. Калиберда И.В., Левин А.Г., Мурлис Д.В. и др. Внешние воздействия природного происхождения на глубинные захоронения долгоживущих радиоактивных отходов / Атомная техника за рубежом, 2003, № 2.

16. Киселев И.И., Проскуряков В.В., Саванин В.В. Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. – СПб., 2002. – 236 с.
17. Коробко А.А. Инженерно-геологический анализ и оценка условий строительства и эксплуатации сооружений различного назначения в пределах предглинтовой низменности (Санкт-Петербургский регион). Дисс. на соис. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. – СПб., 2015, 224 с.
18. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ – Л.: Недра, 1987 – 256 с.
19. Ласточкин А. Н. Общая теория геосистем. - СПб.: Изд-во «Лема», 2011.- 980 с.
20. Литосфера Центральной и Восточной Европы: Восточно-Европейская платформа / Отв. ред. В.Б.Сологуб. – Киев: Наукова думка, 1989.
21. Лихачева Э.А., Кичигин А.Н., Палиенко В.П., Тимофеев Д.А. Свойства рельефа: экологические, инженерные, эстетические (приглашение к дискуссии) // Геоморфология. – 2003. № 4. – С. 33-39.
22. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Медиа-ПРЕСС, - 640 с.
23. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Экологическая геоморфология: Словарь-справочник. – М.: Медиа-Пресс, 2004. – 240 с.
24. Маркова Л.М., Левит А.И., статья "Применение литолого-минералогических методов для палеоландшафтных реконструкций степной зоны Южного Урала", Вестник Челябинского государственного университета, 2010, №8 (189).
25. Медведев Н. И. Модель колебаний блоков земной коры после землетрясения / Геология и геофизика, 1986, № 4.
26. Мельников Е.К., Пивоварова Г.М. Геодинамически активные разломы и их воздействие на здоровье и жизнедеятельность человека. – М.: Изд-во «Ладога – 100», 2014, 178 с.
27. Недоливко Н.М. Исследование керна нефтегазовых скважин: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 170 с.

- 28.Никольский Ю.И. Разрушительное землетрясение в Санкт-Петербурге миф или реальность / Проблемы геодинамической безопасности. II рабочее Международное совещание. – СПб., 1997. С. 16-20.
- 29.Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации (ОСР-97) – М.: ОПФЗ РАН, 1998.
- 30.Осипов В.И.(ред.), "Опасные экзогенные процессы", М.: ГЕОС, 1999. 290с.
- 31.Отчет о научно-исследовательской работе «Научные основы обеспечения безопасности жизнедеятельности мегаполисов» – СПб.: Горный университет, 2002. 216 с.
- 32.Оценка влияния атомно-промышленного комплекса на подземные воды и смежные природные объекты (г. Сосновый Бор Ленинградской области) / Под ред. В.Г.Румынина. – СПб.: СПбГУ, 2003.
- 33.Павловский А.А. Отчет по теме: «Определение климатических параметров, изменение которых приведет к изменению геологических рисков», выполненный ФБУН «Центр междисциплинарных исследований по проблемам окружающей среды Российской академии наук» (ИНЭНКО РАН) по заказу ГГУП «СФ «Минерал», – СПб., 2012.
- 34.Палиенко Э.Т. Поисковая и инженерная геоморфология: учебное пособие для университетов. – Киев: Высшая школа, 1978. – 198 с.
- 35.Рудаченко А.В., Чухарева Н.В., Жилин А.В., Проектирования и эксплуатация газонефтепроводов: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 238 с.
- 36.Сергеева Н.А., Правкин С.А. и др. Отчет по Государственному контракту № 199 от 20.06.2014 г.: «Оказание услуг по оценке состояния береговых зон и дна водотоков Санкт-Петербурга в 2014 году» // Отчет ГГУП «СФ «Минерал». – СПб., 2014.
- 37.Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 266 с. 129.

- 38.Симонов Ю.Г., Болысов С.И. Методика геоморфологических исследований. Методология. — М.: Аспект-Пресс. 2002. 192 с.
- 39.Симонов Ю.Г., Кружалин В.И. Инженерная геоморфология: учебное пособие для вузов. — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 207 с.
- 40.Симонов Ю.Г., Объяснительная морфометрия рельефа. — М.: ГЕОС, 1999. 263 с.
- 41.Скопенко Н.Ф., Иванов А.И., Скороспелкин С.А. и др. Перспективы алмазонасности зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты // Разведка и охрана недр, 1998, № 7-8.
- 42.СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». — М., 1996.
- 43.СНиП 23-01-99* Мониторинг и прогнозирование опасных геологических процессов. Госстандарт. М., 1999.
- 44.Соколов Н.И. Геоморфология как наука, имеющая практическое значение // Прикладная геоморфология. — М.: Изд-во географической литературы, 1961. — С. 9-11.
- 45.СП 104-34-96 Свод правил сооружения магистральных газопроводов. Производство земляных работ. — М.: Газпром, 1996.
- 46.СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства. — М.: Госстрой России, 1997.
- 47.СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. — М.: Госстрой России, 2003.
- 48.СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*. — М., 2013.
- 49.СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. — М.: Госстрой России. 2012, 125 с.

- 50.СП Инженерные изыскания для строительства магистральных трубопроводов (проект, первая редакция). РФ 161 с.
- 51.Справочник по инженерной геологии, Изд. 2, перераб. и доп. / Под общ. ред. М.В.Чуринова. – М.: Недра, 1974. 408 с. с илл.
- 52.Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Международный университет природы, общества и человека "Дубна", Дубна, 1999 - 204с.
- 53.Шмаенок А.И., Саммет Э.Ю. Геологическая карта СССР м-ба 1:200000. Серия Ильменская. Лист О-35-V / Под ред. В.А.Котлукова. – Л., 1969 (1980).
- 54.Шмаенок А.И., Саммет Э.Ю. Карта четвертичных отложений СССР м-ба 1:200000. Серия Ильменская. Лист О-35-V / Под ред. В.А.Котлукова. – Л., 1969 (1980).
- 55.Шмаенок А.И., Саммет Э.Ю., Объяснительная записка к геологической карте СССР м-ба 1:200000. Серия Ильменская. Лист О-35-V / Под ред. В.А.Котлукова. – Л., 1969 (1980).
- 56.Яковлев Д.В. К проблеме геодинамического районирования территории Большого Санкт-Петербурга / Д.В.Яковлев, В.А.Рудник, В.В.Проскуряков, И.М.Петухов, Н.Ф.Скопенко // II международное рабочее совещание 24-27 июня 1997. – 1997. – С.282-289.

Интернет-ресурсы

- 57.Волков А.В. Инженерно-геоморфологическая оценка условий строительства газотранспортных систем в Ленинградской области / автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук (на правах рукописи). – <http://www.geogr.msu.ru/science/diss/oby/Volkov.pdf/>
- 58.Официальный сайт географического факультета МГУ, информация о сотруднике кафедры геоморфологии и палеогеографии Симонове Ю.Г. – <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/personal/simonov.php/>

- 59.Официальный сайт кафедры физической географии и ландшафтоведения МГУ. –
http://www.landscape.edu.ru/hist_zvonkova.shtml/
- 60.Официальный сайт ПАО «Газпром». – www.gazprom.ru/
- 61.Сайт "Особо охраняемые территории Ленинградской области"
<http://www.ooptlo.ru/kurgalskij.html>
- 62.Сайт «Невский геопортал». – <http://www.geoportal-nevsky.spbu.ru/maps.html/>
- 63.Сайт прогноза и архива погоды Санкт-Петербурга. – pogodaiklimat.ru/
- 64.Сайт Санкт-Петербургского отделения Института геоэкологии РАН и НИЦ Гидрогеологии ГФ СПбГУ
http://hge.spbu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=535&Itemid=130
- 65.Саммет Э.Ю., Насонова Л.Д. Геологические загадки Ленинградской области. – СПб., 2010. – 102 с. – http://www.geomem.ru/confer_report.php?idr=27/
- 66.Свидзинская Д., статья "Основные геоморфометрические параметры: теория"
http://gis-lab.info/qa/geomorphometric-parameters-theory.html#math_1

Полевой дневник

Точка наблюдения №1

Река Мертвица, левый берег, 20 м от шоссе. У уреза воды р. Мертвицы, почти у тылового шва уступа I надпойменной террасы.

Ширина р. Мертвицы ~ 40-45 м.

Заросли тростника по правому берегу. У левого берега осока, затоплено дерево, следы подтопления, высокая вода.

Над обычным урезом воды от 0,5 до 1 м; 1 ночь шел дождь.

Деревья в воде живые, ствол покрыт водой ~ на 1 м.

Эрозионные процессы на уступе не наблюдаются.

Мертвый покров с редким (до 20-30%) покрытием трав (сныть, крапива). Отдельные кустарники смородины. Лиственный лес (в частности черемуха). Диаметр деревьев 60-62 см.

Легкий суглинок с песком. Делювиально-пролювиальные отложения (скорее всего).

Опасные процессы – затопление водами реки Мертвицы. Даже в относительно сухой период затопление до 1 м, но к оживлению эрозионных процессов на уступе I надпойменной террасы это не приводит. Течение воды не просматривается.

Точка наблюдения №2

Первая надпойменная терраса р. Мертвицы. Выход водопропускной канавы из-под шоссе. Ширина 3-5 м.

Слой воды. Берега подтоплены. Вода в закопушке -1 см. Течение незаметное / очень слабое (5-10 см/мин).

По берегу водно-прибрежная растительность (камыш, осока, ряска, таволга). Растительность по берегу явно затоплена до глубины 25-30 см.

Точка наблюдения №3

Низкая пойма р. Мертвицы. Высота над уровнем воды 20 см. Вода высокая.

Суглинок легкий с песком аллювиальный, темнее, чем на ТН №1

Маленький уступ (слабый) ~ 10°.

Ширина р. Мертвицы 15-17 м с видимым течением 7-8 м/мин

Прибрежные заросли представлены тростником до 2х метров высотой. В 5 м от берега начинается древесная растительность. Ольха диаметром 10 см, высотой 6 м, увита хмелем. В отдельных местах прослеживается нависание деревьев над водой.

Происходит подмывание ранее стабильных берегов и, как следствие, подтопление. На берегах эрозионных процессов нет.

Точка наблюдения №4

Высокая пойма у тылового шва уступа I надпойменной террасы .

Понижение с относительной высотой 1 м.

Поверхность с слабовыпуклая, поросшая тростником.

Точка наблюдения №5

Наблюдается заболачивание.

Суглинок со следами оглеения. Суглинок рыхлый, без включений.

Поверхностное подтопление водами р. Мертвицы до 10 см, но в закопушке до глубины 20 см воды нет.

Точка наблюдения №6

Широта 59.5486696 ° с.ш. Долгота 28.163316 ° з.д. Высота 20 м. Место предполагаемого перехода трубопровода. Берег р. Мертвицы.

Пологий береговой уступ порядка 15°, поросший мелколиственным лесом и кустарником (ольха, нависшая над водой, диаметром 15 см, высотой ~ 8 м. Уступ мертвopoкpoвный, на 30% состоит из трав (дудник, крапива, лопух) и кустарников (малина, смородина красная)

Видны следы высокого стояния воды, обрушение стволов в воду, наклонение живых деревьев. Тростник редкий, до 5 м без следов зарастания.

Эрозионных следов на уступе террасы нет, но нет и аккумуляции.

Песок темно-коричневый, мелкозернистый, относительно сортированный с включениями корней, рыхлый, влажный, без следов слоистости, аллювиальный + коллювиальный-делювиальный.

Точка наблюдения №7

Широта 59.5438 ° с.ш. Долгота 28.1167 ° з.д. Дюны. Вершина высокой дюны литоринового вала. Относительная высота с востока - 16 м. Крутизна ~26°. Самая высокая точка имеет высоту 19,5 м. С запада со стороны залива относительная высота 12 м, крутизна склона 23°.

Дюна имеет вытянутую с севера на юг эллипсоидную форму с относительным понижением на 10 м с севера, где в понижении литоринового вала проходит трасса трубопровода.

Микрорельеф: на вершине дюны небольшие воронкообразные котловины выдувания глубиной до 1,5-2 м.

Дюна поросла низкорослой, до 10 м, редкой искривленной сосной. Западный склон покрыт обгорелыми мертвыми деревьями и подростом сосны. Восточный склон порос редкой низкорослой сосной и подростом сосны. Напочвенный покров – лишайники, отдельные куртины злаков и зеленых мхов. Проективное покрытие 30-40%

Поверхностные отложения: светло-коричневые мелкозернистые пески, сортированные, без включений, не слоистые, видимой мощностью до 1 м.

Состояние грунтовых вод: до глубины 1 м грунтовые воды на поверхность не выходят.

Точка наблюдения №8

Дюны. На восточном склоне в верхней части дюны каплеобразная эрозионная чаша слабовогнутая длиной 22 м и шириной 11 м, а в иных частях дюны склон слабовыпуклый длиной.

Почти лишена растительности, проективное покрытие до 10%, преимущественно лишайники, мхи, редкие злаки.

Более 50% поверхности - мелкозернистые сортированные пески. На дне чаши следы блуждания потоков. Глубина борозд потоков 62 см. Ширина 230 см.

Свежих следов эрозии практически не наблюдается.

Днище потихоньку зарастает куртинами злаков и по центру днища порослью сосны, лесопосадки возрастом приблизительно 6-7 лет.

Точка наблюдения №9

Дюна. Эрозионная борозда. Длина полностью - 50 м. Рядом имеются другие эрозионные борозды, но меньшей глубины. На восточном склоне дюны наблюдаются 3-4 подобных образования.

Состояние почвенного покрова удовлетворительное, несмотря на то, что почвенный покров пострадал в момент пожара. Если не произойдет нарушений процесса зарастания почвенного покрова – повреждения обратимы.